PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 :
G02F 1/313, G02B 6/34

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/22479

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 20. April 2000 (20.04.00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/03227

(22) Internationales Anmeldedatum: 6. Oktober 1999 (06.10.99)

(30) Prioritätsdaten:

198 46 674.9	9. Oktober 1998 (09.10.98)	DE
199 40 302.3	25. August 1999 (25.08.99)	DE

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Mit geänderten Ansprüchen.

Veröffentlichungsdatum der geänderten Ansprüche:
22. Juni 2000 (22.06.00)

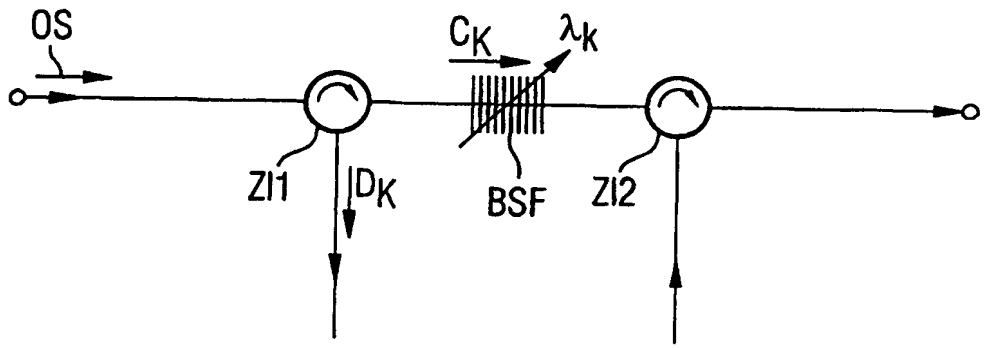
(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D–80333 München (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: STOLL, Detlef [DE/DE]; Hammersbacher Str. 23a, D–81377 München (DE). STORTZ, Gerhard [DE/DE]; Franz–von–Defregger–Str. 2a, D–85586 Poing (DE). LEISCHING, Patrick [DE/DE]; Antonienstr. 7, D–80802 München (DE). SCHEERER, Christian [DE/DE]; Ringstr. 4, D–81375 München (DE). BOCK, Harald [DE/DE]; Hofbrunnstr. 21, D–81479 München (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D–80506 München (DE).

(54) Title: OPTICAL FILTER, ADJUSTABLE ADD–DROP–CONTINUE MODULE AND CIRCUIT FOR BUNDLED CROSS–CONNECT FUNCTIONALITY

(54) Bezeichnung: OPTISCHES FILTER, ABSTIMMBARER ADD–DROP–CONTINUE–MODUL UND SCHALTUNGSANORDNUNG FÜR GEBÜNDELTE CROSS–CONNECT–FUNKTIONALITÄT



(57) Abstract

The transmission response of an optical filter (BSF) is changed by modifying the temperature thereof. The filter can be adjusted by mechanical pressure or traction. Said filter can be used to create add–drop–continue modules (ZT1,BSF, ZI2) that are suitable for add–drop operations and drop–continue operations. Said optical filters can also be used to create cross–connect modules.

(57) Zusammenfassung

Das Übertragungsverhalten eines optischen Filters (BSF) wird durch Änderung seiner Temperatur verändert. Durch mechanischen Druck oder Zug kann eine Abstimmung des Filters erfolgen. Mit Hilfe dieses Filters lassen sich Add–Drop–Continue–Module (ZI1, BSF, ZI2) realisieren, die sowohl für den Add–Drop–Betrieb als auch für Drop–Continue–Betrieb geeignet sind. Darüber hinaus lassen sich Cross–Connect–Module aus diesen optischen Filtern aufbauen.

GEÄNDERTE ANSPRÜCHE

[beim Internationalen Büro am 26. April 2000 (26.04.00) eingegangen; ursprüngliche Ansprüche 1-4 geändert; alle weiteren Ansprüche unverändert (1 Seite)]

1. Optisches Filter mit Gitterstuktur, das als abstimmbares Bandsperrenfilter ausgeführt ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Einrichtung (HE) zur Einstellung der Reflextions- und Durchlaßdämpfung durch eine gezielte Änderung der Temperatur vorgesehen ist.

2. Optisches Filter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß es durch Tempersturänderung seine Filterwirkung verliert.

3. Optisches Filter nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß in einem lichtdurchlässigen Material mindestens zwei Bereiche (B1, B2) wesentlich an der optischen Wellenführung und/oder der Filterwirkung beteiligt sind, die unterschiedliche temperaturabhängige Brechzahlen n_1 (t) und n_2 (t) aufweisen und
daß die Differenz der Brechzahlen n_1 (t) und n_2 (t) bei einer Temperatur innerhalb des temperaturmäßig steuerbaren Arbeitsbereiches zumindest annähernd Null ist.

4. Optisches Filter nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß es in Planartechnik ausgeführt ist.

5. Optisches Filter nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Bandbreite auf die eines Übertragungskanals abgestimmt ist.

6. Optisches Filter nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Bandbreite auf die Bandbreite mehrerer nebeneinander liegender Übertragungskanäle abgestimmt ist.

09/807,232

Translation

28 G2

F

3

RECEIVED
JUL 20 2001
TECHNOLOGY CENTER 2800

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference GR 98P2896P	**FOR FURTHER ACTION**	See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)
International application No. PCT/DE99/03227	International filing date (*day/month/year*) 06 October 1999 (06.10.99)	Priority date (*day/month/year*) 09 October 1998 (09.10.98)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G02F 1/313		
Applicant SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 6 sheets, including this cover sheet.

☒ This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 22 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I ☒ Basis of the report
- II ☐ Priority
- III ☐ Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV ☐ Lack of unity of invention
- V ☒ Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI ☐ Certain documents cited
- VII ☐ Certain defects in the international application
- VIII ☒ Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 19 April 2000 (19.04.00)	Date of completion of this report 27 December 2000 (27.12.2000)
Name and mailing address of the IPEA/EP Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/IPEA/409 (cover sheet) (July 1998)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/DE99/03227

I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:*

☐ the international application as originally filed

☒ the description:

pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages 1-3, 3a-3b, 4-16, filed with the letter of 30 November 2000 (30.11.2000)

☒ the claims:

pages _____, as originally filed
pages _____, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages 1-19, filed with the letter of 30 November 2000 (30.11.2000)

☒ the drawings:

pages 1/7-7/7, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

☐ the sequence listing part of the description:

pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.
These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

☐ contained in the international application in written form.
☐ filed together with the international application in computer readable form.
☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

☐ the description, pages _____
☐ the claims, Nos. _____
☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* *Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).*

** *Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.*

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

1. In order to interpret the international search report citation JP-A-1 023 479 (D2), which was published prior to the priority date of the present application, US-A-5 963 685 (D1), a member of the same patent family, is used.

1.1 The further international search report citations are designated D3-D7.

2. Provided that Claim 1 is suitably clarified (as indicated in Box VIII), the present application meets the requirements of PCT Article 33 for the following reasons.

2.1 D2 discloses in Figure 1 (see the abstract, Figure 2, and column 2, line 66 to column 3, line 20 of D1) an optical filter ("fiber grating mirror 300") designed as a tuneable band stop filter ("... for reflecting only an optical signal having a certain wavelength and passing optical signals having other wavelengths") and a device for controlling the reflected wavelength ("controller for controlling the wavelength reflected by the fiber grating mirror") by controlling the temperature ("...controls

the temperature and the pressure applied to the fiber grating mirror").

2.2 D3-D7 also describe optical band stop filters, that is filters that either substantially pass or block signal fractions of particular wavelengths, and whose blocking frequency or wavelength can be adjusted by controlling the temperature.

2.3 The subject matter of Claim 1 differs from the optical filters known from the cited prior art in that the grating can be brought by the grating temperature-controlling device to such a temperature that it reflects a signal fraction and passes another signal fraction of the same wavelength.

2.4 The subject matter of Claim 1 is therefore novel over the cited prior art (PCT Article 33(2)).

2.5 Since the cited prior art does not give any indication that changes in the temperature of a grating can be used to both pass and reflect signal fractions of particular wavelengths, the subject matter of Claim 1 is considered inventive (PCT Article 33(3)).

2.6 For analogous reasons, the method as per Claim 18 and the use as per Claim 19 of the optical filter of Claim 1 also meet the requirements of PCT Article 33.

2.7 Claims 2-17 are dependent on Claim 1 and therefore also meet the PCT requirements for novelty and inventive step.

VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

3. For the following reasons, the application does not meet the requirements of PCT Article 6.

3.1 In Claim 1, it is not clear which features achieve the effect defined in lines 8-10. It is clear from the description (page 12, paragraph 2) that the device HE is designed in such a way that the grating temperature can be controlled so that "the grating reflects a signal fraction destined for branching..."

3.2 The meaning of the reference to a **further** temperature change in Claim 2 (line 14) is unclear, since a (first) temperature change has not been previously defined. It appears (page 12, lines 17-19) that the grating temperature can also be adjusted by the device HE in such a way that the grating loses its filtering effect.

3.3 Claim 3 appears to concern the device depicted in Figure 3. It is clear from the description of this figure (page 11, lines 22-27) that the filtering effect is achieved by the two layers with a temperature-dependent refractive index difference (said layers forming the grating). One of the three alternatives in Claim 3 (wave guidance and/or filtering effect), however, lays claim to wave guidance without a filtering effect, and this is not supported by the description.

3.4 The reference to Claim 17 (instead of Claim 16?) in Claim 17 is obviously wrong. The same applies to

VIII. Certain observations on the international application

page 1, line 9, and page 3a, line 35 ("Add-Drop-Module...as per Claim 7" and "Claim 6", respectively; apparently what is meant is "Add-Drop-Continue Module as per Claim 9").

VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

REC'D 29 DEC 2000
WIPO PCT

PCT

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts	**WEITERES VORGEHEN**	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)
GR 98P2896P		
Internationales Aktenzeichen	Internationales Anmeldedatum *(Tag/Monat/Jahr)*	Prioritätsdatum *(Tag/Monat/Tag)*
PCT/DE99/03227	06/10/1999	09/10/1998
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK		
G02F1/313		
Anmelder		
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.

2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.

 ☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).

 Diese Anlagen umfassen insgesamt 22 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

 - I ☒ Grundlage des Berichts
 - II ☐ Priorität
 - III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
 - IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
 - V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
 - VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
 - VII ☐ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
 - VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags	Datum der Fertigstellung dieses Berichts
19/04/2000	27.12.2000
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Hauser, M Tel. Nr. +49 89 2399 2259

Formblatt PCT/IPEA/409 (Deckblatt) (Januar 1994)

INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE99/03227

I. Grundlage des Berichts

1. Dieser Bericht wurde erstellt auf der Grundlage (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten.*):
Beschreibung, Seiten:

1-3,3a-3b,4-16	eingegangen am	05/12/2000	mit Schreiben vom	30/11/2000

Patentansprüche, Nr.:

1-19	eingegangen am	05/12/2000	mit Schreiben vom	30/11/2000

Zeichnungen, Blätter:

1/7-7/7	ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

 Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

 ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).

 ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).

 ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

 ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

 ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

 ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

 ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

 ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

 ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung, Seiten:
- ☐ Ansprüche, Nr.:
- ☐ Zeichnungen, Blatt:

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

 (Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen;sie sind diesem Bericht beizufügen).

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja:	Ansprüche	1-19
	Nein:	Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja:	Ansprüche	1-19
	Nein:	Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja:	Ansprüche	1-19
	Nein:	Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen
 siehe Beiblatt

VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:
siehe Beiblatt

Zu Punkt V

1 Zur Interpretation des im internationalen Recherchenbericht genannten Dokuments JP 1 023 479 (im Folgenden als D2 bezeichnet), das vor dem Prioritätsdatum der vorliegenden Anmeldung veröffentlicht wurde, wird das Mitglied der Patentfamilie US 5 963 685 (D1) herangezogen.

1.1 Die weiteren Dokumente des internationalen Recherchenberichts werden als D3-D7 bezeichnet.

2 Unter der Voraussetzung, dass der Anspruch 1 in geeigneter Weise (etwa wie unter Punkt VIII angegeben) klargestellt wird, erfüllt die vorliegende Anmeldung aus den folgenden Gründen die Bestimmungen des Artikels 33 PCT.

2.1 Das Dokument D2 offenbart in Abbildung 1 (siehe Zusammenfassung, Abbildung 2 und Spalte 2, Zeile 66 bis Spalte 3, Zeile 20 von Dokument D1) ein optisches Filter ("fiber grating mirror 300"), das als abstimmbares Bandsperrenfilter ausgeführt ist ("... for reflecting only an optical signal having a certain wavelength and passing optical signals having other wavelengths") und eine Einrichtung zur Einstellung der reflektierten Wellenlänge ("controller for controlling the wavelength reflected by the fiber grating mirror") durch eine gezielte Änderung der Temperatur umfasst ("... controls the temperature and the pressure applied to the fiber grating mirror").

2.2 Optische Bandsperrenfilter, also Filter die Signalanteile bestimmter Wellenlängen entweder im wesentlichen durchlassen oder sperren, deren Sperrfrequenz bzw. -wellenlänge über die Temperatur einstellbar ist, sind auch aus den Dokumenten D3-D7 bekannt.

2.3 Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich von den aus dem zitierten Stand der Technik bekannten optischen Filtern dadurch, dass das Gitter durch die Einrichtung zur Einstellung der Temperatur des Gitters auf eine Temperatur gebracht werden kann, sodass es einen Signalanteil reflektiert und einen anderen Signalanteil gleicher Wellenlänge durchlässt.

2.4 Der Gegenstand von Anspruch 1 ist daher neu gegenüber den zitierten Stand der Technik (Artikel 33(2) PCT).

2.5 Da der zitierte Stand der Technik keinen Hinweis darauf gibt, dass eine Temperaturänderung eines Gitters dazu verwendet werden kann, Signalanteile bestimmter Wellenlängen sowohl durchzulassen als auch zu reflektieren, wird der Gegenstand von Anspruch 1 als erfinderisch betrachtet (Artikel 33(3) PCT).

2.6 Aus analogen Gründen erfüllen das Verfahren nach Anspruch 18 und die Verwendung des optischen Filters von Anspruch 1 nach Anspruch 19 ebenfalls die Erfordernisse des Artikel 33 PCT.

2.7 Die Ansprüche 2-17 sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

Zu Punkt VIII

3 Die Anmeldung erfüllt aus den folgenden Gründen nicht die Bestimmungen des Artikels 6 PCT.

3.1 In Anspruch 1 ist nicht klar, durch welches Merkmal die in Zeilen 8-10 definierte Wirkung erzielt werden soll. Aus der Beschreibung (Seite 12, zweiter Absatz) geht hervor, dass die Einrichtung HE derart so ist, dass die Temperatur des Gitters derart einstellbar ist, "dass von dem Gitter ein zum Abzweigen bestimmter Signalanteil reflektiert ... wird".

3.2 Die Bedeutung der Bezugnahme auf eine **weitere** Temperaturänderung in Anspruch 2 (Zeile 14) ist ohne eine vorhergehende Definition einer (ersten) Temperaturänderung unklar. Es scheint (Seite 12, Zeilen 17-19), dass durch die Einrichtung HE die Temperatur des Gitters auch so einstellbar ist, dass das Gitter seine Filterwirkung verliert.

3.3 Anspruch 3 scheint sich auf die in Abbildung 3 gezeigt Vorrichtung zu beziehen. Aus der Beschreibung dieser Abbildung (Seite 11, Zeilen 22-27) geht hervor,

dass die Filterwirkung durch die beiden Schichten mit temperaturabhängiger Brechzahldifferenz (die das Gitter bilden) erzielt wird. In einer der drei Alternativen in Anspruch 3 (Wellenführung und/oder Filterwirkung) wird jedoch eine Wellenführung ohne Filterwirkung beansprucht, die von der Beschreibung nicht gestützt ist.

3.4 Die Bezugnahme auf Anspruch 17 (statt auf Anspruch 16?) in Anspruch 17 ist offensichtlich fehlerhaft. Ähnliches gilt für Seite 1, Zeile 9 bzw. Seite 3a, Zeile 35 ("Add-Drop-Modul nach ... Anspruch 7" bzw. "Anspruch 6"; vermutlich ist aber "Add-Drop-Continue Modul nach Anspruch 9" gemeint).

Beschreibung

Optisches Filter, abstimmbarer Add-Drop-Continue-Modul und Schaltungsanordnung für gebündelte Cross-Connect-Funktionalität.

Die Erfindung betrifft ein abstimmbares optisches Filter und einen mit diesem Filter realisierten Add-Drop-Modul nach dem Oberbegriff des Anspruchs 7, eine Add-Drop-Einrichtung sowie eine Schaltungsanordnung für gebündelte Cross-Connect-Funktionalität.

Um eine möglichst störungsfreie Signalübertragung zu gewährleisten, werden optische Wellenlängenmultiplex-Netze (WDM-Netze) redundant ausgeführt. Häufig werden Ringstrukturen vorgesehen. Bei Übergängen zwischen unterschiedlichen Ringen wird mit "Drop-and-Continue"-Funktionen gearbeitet, d.h., das Signal wird aufgesplittet und sowohl im ursprünglichen Ring weiter gesendet als auch in den neuen Ring übergeleitet. Zur rein optischen Realisierung einer Drop-and-Continue-Funktion können Wellenlängen-Demultiplexer, optische Schalter und Wellenlängen-Multiplexer eingesetzt werden.

Zur Realisierung von Add-Drop-Funktionen sind Module der Firma High Wave Technologies bekannt, die aus zwei Zirkulatoren mit zwischengeschalteten abstimmbaren Filtern bestehen. Bei einer Abstimmung wegen einer Konfigurationsänderung werden jedoch bei der Neuabstimmung eines WDM-Kanals in der Regel die Signale anderer WDM-Kanäle gestört. Für Drop-and-Continue-Funktionen sind diese Module nicht vorgesehen. Es ist jedoch denkbar, dieses Modul mit Splittern und Schaltern zu ergänzen, um die Drop-and-Continue-Funktion zu realisieren.

In **Figur 1** ist ein solcher "Add-Drop-Continue-Modul" dargestellt. Er besteht aus einem Splitter SP, der das

optische Signal in zwei etwa gleich starke Signale aufteilt. Der eine Anteil wird über zwei Zirkulatoren mit einem dazwischen geschalteten abstimmbaren Filter geführt. Zur Realisierung der Drop-and-Continue-Funktion wird über den ersten Zirkulator der eine Signalanteil D_k abgezweigt und der andere Signalanteil C_k über einen optischen Schalter SW weitergeleitet (dargestellte Schalterstellung).

Bei einer Add-Drop-Funktion wird ebenfalls der eine Signalanteil D_k abgezweigt, aber gleichzeitig ein neues Signal A_k mit derselben Wellenlänge über den zweiten Zirkulator ZI2 eingefügt. Durch die Verwendung des optischen Splitters weist das Modul grundsätzlich eine Dämpfung von mind. 3 dB auf. Entsprechend der Anzahl von Add-Drop-Funktionen wird das beschriebene Add-Drop-Element mehrfach in Reihe geschaltet, wodurch sich die Dämpfung noch erheblich erhöht.

Die Cross-Connect-Funktionalität in optischen Mehrwellenlängenmultiplexsystemen (WDM) wird benötigt, um ein bestimmtes Wellenlängensignal eines einlaufenden Mehrwellenlängensignals in jede beliebige Richtung verteilen zu können.

In "WDM Gridconnect - ein transparentes faseroptisches Kommunikationsnetz mit Faser- und Wellenlängenmultiplex" von Hubert Anton Jäger, erschienen im Hartung-Gorre-Verlag, Konstanz 1998 wird ein herkömmliches optisches Cross-Connect (OXC) beschrieben. Ein solches optisches Cross-Connect (OXC) mit optischen n x n Raumschaltfeldern mit n einlaufenden bidirektionalen Mehrwellenlängensignalen mit jeweils k Wellenlängen ist in **Figur 9** dargestellt. Hierbei wird das optische Mehrwellenlängensignal in k Einwellensignale mittels optischen Wellenlängendemultiplexern DMUX zerlegt, die anschließend unter Verwendung optischer Raumschaltfelder der Dimension n x n zu einem beliebigen Ausgang des Raumschaltfeldes geschaltet werden. Die von den Ausgängen der

Raumschaltfelder zusammenlaufenden Einwellensignale werden mittels eines Multiplexers MUX eingekoppelt und weitergeleitet.

Nachteilig ist der hohe materielle Aufwand, der bei der Herstellung dieser optischen Cross-Connects (OXC) entsteht. Für eine Schaltungsanordnung von beispielsweise 64 Wellenlängen pro Mehrwellenlängensignal und 4 bidirektionalen Leitungen werden 64 Raumschaltfelder der Dimension 4 x 4 benötigt. Daneben müssen pro Multiplexer MUX bzw. Demultiplexer DMUX 64 Lichtwellenleiterverbindungen zu den entsprechenden Raumschaltfeldern der Dimension n x n eingebaut werden und nochmals soviele von den Raumschaltfeldern zu den gegenüberliegenden Demultiplexern DMUX bzw. Multiplexern MUX.

Aus JP 1 023 479/US 5 963 685 ist ein Add-Drop-Modul beschrieben, das mehrere Reflexionsfilter enthält, deren Frequenzen durch mechanischen Druck und Temperaturänderung einstellbar sind.

Aus dem Patent US 5,707,375 ist ebenfalls eine Add-Drop-Einrichtung angegeben, dessen Filter unterschiedliche und zueinander unsymmetrische Flanken aufweisen. Durch das wellenlängenmäßige Abstimmen der Filter kann ein vollständiges Durchschalten, vollständiges Reflektieren oder ein teilweises Durchschalten und Reflektieren erreicht werden. Bei dieser Lösung wird eine doppelte Anzahl von Filtern und Einstelleinrichtungen benötigt. Die Neueinstellung der Wellenlänge während des Betriebs führt aber zu Störungen der anderen Signale.

In der europäischen Patentanmeldung EP 0854 378 A2 ist ein Thermo-optisches Bauelement beschrieben, das einen Splitter und ein abstimmbares Grating-Filter aufweist. Die Anordnung arbeitet als optischer Schalter und kann zur Realisierung von Add-Drop-Funktionen eingesetzt werden.

3a

Aus dem Patent US 5,408,319 ist ein optischer Demultiplexer beschrieben, bei dem eine Abstimmung auf eine bestimmte Wellenlänge nicht mehr mechanisch sondern durch Temperaturänderung vorgenommen wird.

In der Patentanmeldung WO 98/04854 ist ein Add-Drop-Modul beschrieben, der durch Heizstreifen oder Feldplatten abgestimmt werden kann.

Auch aus WO 99/42893 ist abstimmbarer Add-Drop-Multiplexer bekannt. Zur Abstimmung der Wellenlänge wird der Brechungsindexes des Filtermaterials beispielsweise durch Heizen geändert.

Zur Realisierung einer Add-Drop-Continue-Funktion sind die Bekannten Prinzipien wenig geeignet oder zu aufwändig.

Aufgabe der Erfindung ist es, einen Add-Drop-Continue-Modul mit geringer Dämpfung und ein zu dessen Realisierung geeignetes Filter anzugeben, dessen Durchlaßverhalten veränderbar ist. Dieser Modul soll auch das Umkonfigurieren von Kanälen ermöglichen, ohne Störungen zu verursachen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung mit Cross-Connect-Funktionalität anzugeben, die eine einfache Zuordnung von dynamisch zusammengestellter Mehrwellenlängenbündeln zu verschiedenen Leitungen erlaubt. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine Schaltungsanordnung mit Cross-Connect-Funktionalität anzugeben, die eine reduzierte Komplexität des Systems erlaubt. Auch hierbei soll das Umkonfigurieren von Kanälen ermöglicht werden, ohne Störungen zu verursachen.

Die Aufgabe wird durch ein in Anspruch 1 angegebenes Filter, einen in Anspruch 6 angegebenes Add-Drop-Continue-Modul und ein "Cross-Connect-Modul" zur Realisierung von gebündelter

36

Cross-Connect-Funktionalität nach den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Außerdem sind Varianten dieses Moduls angegeben.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Der besondere Vorteil des Moduls und der Schaltungsanordnung zur Realisierung von gebündelter Cross-Connect-Funktionalität beruht auf dem Filter, dessen Frequenz und Dämpfung variiert werden kann. Hierdurch ist nicht nur die Auswahl unterschiedlicher Kanäle möglich; zur Realisierung von Add-Drop-, Drop-Continue- oder Cross-Connect-Funktion sind keine optischen Schalter erforderlich. Eine Umkonfiguration des Netzes kann ohne Störung benachbarter Signale erfolgen.

Insbesondere wird die Erfindung durch ein optisches Filter gelöst, bei dem eine Einrichtung (HE) zur Einstellung des Übertragungsverhaltens durch eine gezielte Änderung der Temperatur vorgesehen ist. Durch die Einstellung des Übertragunsverhaltens durch Temperaturänderungen kann erreicht werden, daß das optische Filter nichtdestruktiv rekonfigurierbar wird, was bei rein optischen Netzelementen bisher nur mit einer kostenaufwendigen optischen Schaltungstechnik möglich war (Wellenlängen-Multiplexer, -Demultiplexer, Raumschaltmatritzen). Im Gegensatz zu herkömmlichen Wellenlängenfiltern ist bei dem erfindungsgemäßen optischen Filter neben der Resonanz-Wellenlänge zusätzlich die Transmissionsdämpfung einstellbar.

Bei einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel des optischen Filters sind in einem lichtdurchlässigen Material mindestens zwei Bereiche (B1, B2) wesentlich an der optischen Wellenführung und/oder der Filterwirkung beteiligt, die unterschiedliche temperaturabhängige Brechzahlen n_1 (t) und n_2 (t) aufweisen und bei dem die Differenz der Brechzahlen n_1 (t) und n_2 (t) bei einer Temperatur innerhalb des temperaturmäßig steuerbaren Arbeitsbereiches zumindest annähernd Null ist. Damit wird durch die gezielte Änderung der Temperatur die temperaturabhängige Brechzahldifferenz zweier optischer Materialien beeinflußt. Diese Ausnutzung des

5

thermo-optischen Effekts zur Beeinflussung der Resonanzgüte wird über die Einstellung der Resonanz-Wellenlänge λ_k und die Transmissionsdämpfung d für diese Wellenlänge bewerkstelligt. Das Reflexionsmaß ergibt sich aus Gründen der Energieerhaltung im Idealfall direkt aus dem Transmissionsverhalten. Energieanteile, die nicht transmitiert werden, werden zwangsläufig reflektiert. Die Resonanz-Wellenlänge λ_k wird im wesentlichen durch die Periodenlänge Λ der Grenzschichte beeinflußt. Die Transmissionsdämpfung ist (neben der Gitterlänge Z und der Gitteramplitude) im wesentlichen durch die Brechzahldifferenz $n_1 - n_2$ gegeben.

Vorteilhafterweise ist das erfindungsgemäße optische Filter in Planartechnik ausgeführt. Hierdurch wird die Integration in bestehende Schaltkreise erleichtert. Weiterhin bevorzugt wird das optische Filter als Fasergitter realisiert. Auch beim Fasergitter ist die Brechzahldifferenz zwischen zwei an der Wellenführung beteiligten optischen Schichten von wesentlicher Bedeutung. So kann das hier angewandte Prinzip der Beeinflussung der Transmissionsdämpfung durch thermische Brechzahländerung auch bei solchen Filtern bevorzugt eingesetzt werden.

Besonders bevorzugt ist ein optisches Filter als abstimmbares Bandsperrenfilter ausgeführt. Dadurch wird die Auskopplung eines Frequenzbandes ermöglicht. Dies ist besonders in rein optischen Telekommunikationsnetzen vorteilhaft.

Besonders bevorzugt erfolgt die Abstimmung des Bandsperrenfilters durch mechanischen Druck, Zug oder Biegung. Auf diese Weise läßt sich die zu filternde Wellenlänge des optischen Spektrums auswählen, indem das Bandsperrenfilter mechanischer Beeinflussung ausgesetzt wird.

Weiterhin wird die Erfindung gelöst durch einen Add-Drop-Continue-Modul mit einem erfindungsgemäßen optischen Filter,

bei dem das abstimmbare optische Filter (BSF) zwischen einer Abzweigeeinrichtung (ZI1) für optische Signale und einer Einfügeeinrichtung (ZI2, KO) angeordnet ist. Auf diese Weise läßt sich mit einem erfindungsgemäßen optischen Filter ein Add-Drop-Continue-Modul aufbauen. In der Abzweigeeinrichtung für optische Signale wird das Signal aufgeteilt und ein Anteil auf das Tor des erfindungsgemäßen optischen Filters geleitet. Der auszukoppelnde Anteil wird reflektiert und weitergeleitet, während der einzukoppelnde Anteil über die Einfügeeinrichtung (ZI2, KO) eingefügt wird.

Bei einem weiteren bevorzugten Add-Drop-Continue-Modul der vorliegenden Erfindung sind mehrere optische Filter (BSF1 bis BSFM) zwischen einer Abzweigeeinrichtung (ZI1) für optische Signale und einer Einfügeeinrichtung (ZI2, KO) angeordnet. Auf diese Weise ist es möglich, mehrere individuell einstellbare optischen Spektren aus dem Signal auszukoppeln und besonders bevorzugt über Multiplexer bzw. Demultiplexer ein- bzw. wieder auszukoppeln.

Bei einem weiteren bevorzugten Add-Drop-Continue-Modul der vorliegenden Erfindung sind als Abzweigeeinrichtungen (ZI1) und als Einfügeeinrichtung (ZI2) Zirkulatoren vorgesehen. Auf diese Weise läßt sich die Ein- und Auskopplung der Signale mit bekannten Bauelementen realisieren. Bevorzugt werden hierfür Dreierzirkulatoren eingesetzt. Besonders bevorzugt werden Viererzirkulatoren eingesetzt. Es ist auch möglich, Machzehnderstrukturen zu verwenden.

Besonders bevorzugt wird die Aufgabe der vorliegenden Erfindung durch eine Add-Drop-Continue-Einrichtung gelöst, bei der mehrere in Reihe geschaltete Add-Drop-Module der vorliegenden Erfindung vorgesehen sind. Auf diese Weise ist es möglich, in rein optischen Netzwerken unterschiedlichste Schaltungsaufgaben zu realisieren.

Bei einem weieren bevorzugten Drop-and-Continue-Modul mit einem erfindungsgemäßen optischen Filter ist das optische Filter einer Abzweigeeinrichtung für optische Signale nachgeschaltet. Auf diese Weise ist es möglich, die Drop-and-Continue-Funktionalität mit rein optischen Bauelementen zu realisieren.

Weiterhin wird die Aufgabe gelöst durch einen Cross-Connect-Modul, der mindestens ein erfindungsgemäßes optisches Filter umfaßt. Auf diese Weise ist es möglich, einen Cross-Connect-Modul bereitzustellen, bei dem die Rekonfigurierbarkeit nicht-destruktiv erfolgen kann. Durch die Möglichkeit der Steuerung des Übertragungsverhaltens des optischen Filters durch gezielte Änderung der Temperatur kann die Filterwirkung des optischen Filters durch die entsprechende Temperaturwahl ausgesetzt werden. In diesem Augenblick stört das Filter keinerlei benachbarte Kanäle, da keine Reflektion stattfindet. Jetzt kann vorteilhafterweise eine Abstimmung des Filters erfolgen. Bei der Änderung des optischen Spektrums werden benachbarte optische Spektren überstrichen, ohne daß dies einen Effekt auf die ebenfalls in diesem Kreis transportierbaren Signale auf diesen optischen Spektren hätte. So kann ein neuer Kanal ausgewählt werden, ohne die hierbei zu überstreichenden Kanäle bzw. den Signalfluß hierauf zu beeinflussen oder gar zu stören. Nach Erreichen des gewünschten neuen Spektrums bzw. Kanals wird die Rekonfiguration dadurch abgeschlossen, daß die Temperatur wieder so eingestellt wird, daß die Filterwirkung wieder eintritt. Bevorzugt wird dies dadurch erreicht, daß durch die Temperaturänderung die Brechzahlendifferenz $(n_1 - n_2)$ vom Betrag her wieder größer als Null wird.

Bei einem bevorzugten Cross-Connect-Modul der vorliegenden Erfindung ist mindestens ein Add-and-Drop-Modul umfaßt. Auf

diese Weise ist es möglich, den Cross-Connect-Modul aus Add-and-Drop-Modulen aufzubauen.

Bei einem weiteren bevorzugten Cross-Connect-Modul der vorliegenden Erfindung weist dieser mindestens einen Viererzirkulator und/oder mindestens eine Machzehnderstruktur auf. Auf diese Weise ist es möglich, die Anzahl der eingesetzten Zirkulatoren zu reduzieren.

Bevorzugt ist eine Cross-Connect-Einrichtung vorgesehen, bei der mehrere in Reihe geschaltete Cross-Connect-Module der vorliegenden Erfindung vorgesehen sind. Auf diese Weise ist es möglich, die Schaltungsanordnungen zu kaskadieren und so noch mehr Linien miteinander zu verschalten.

Bei einem bevorzugten Verfahren der vorliegenden Erfindung zur nicht-destruktiven Abstimmung eines Filters verliert das Filter durch eine erste Temperaturänderung seine Filtereigenschaft, dann erfolgt die Abstimmung des Filters und dann erlangt das Filter durch eine zweite Temperaturänderung seine Filtereigenschaft wieder zurück. Mit diesem Verfahren wird die Nicht-destruktive-Rekonfigurierbarkeit rein optischer Netzelemente möglich. Durch die Ausnutzung des thermooptischen Effekts zur Beeinflussung der Resonanzgüte des Filters ist es möglich, das Filter durch eine erste Temperaturänderung so einzustellen, daß es seine Filtereigenschaft verliert. Bevorzugt erfolgt dies dadurch, daß die temperaturabhängigen Brechzahlindizes so eingestellt werden, daß die Differenz Null ergibt. Solange das Filter hierdurch "ausgeschaltet" ist, kann die Abstimmung des Filters erfolgen, ohne daß benachbarte bzw. überstrichene Kanäle beeinflußt werden. Ist der neue Kanal erreicht, d. h. das Filter auf das neue optische Spektrum abgestimmt, wird das Filter durch eine zweite Temperaturänderung wieder "eingeschaltet". Hierbei wird bevorzugt die Temperatur so geändert, daß die Brechzahlindizes wieder eine vorbestimmte Differenz

aufweisen. Auf diese Weise ist ein Verfahren zur Nicht-destruktiven-Rekonfigurierbarkeit rein optischer Netzelemente, insbesondere des erfindungsgemäßen Filters, bereitgestellt worden.

Besonders bevorzugt werden die optischen Filter der vorliegenden Erfindung zur Realisierung einer Schaltung mit Add-and-Drop-Funktionalität; und/oder einer Schaltung mit Drop-and-Continue-Funktionalität; und/oder einer Schaltung mit Multicast-Funktionalität; und/oder einer Schaltung mit Dual-Homing-Funktionalität; und/oder einer Schaltung mit Cross-Connect-Funktionalität verwendet. Multicast ist das gezielte Verbinden mehrerer ausgewählter Empfänger mit einem Sender (auch als Gruppenruf bezeichnet). Dual Homing ist der Anschluß eines Empfängers über zwei verschiedene Netzelemente und Wege. Auf diese Weise ist es möglich, rein optische Netzelemente bereitzustellen, die die oben bezeichneten Funktionalitäten aufweisen und dabei nicht-destruktiv abstimmbar bzw. rekonfigurierbar sind.

Die Erfindung und weitere vorteilhafte Merkmale werden anhand von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Es zeigen:

Figur 1 einen Add-Drop-Continue-Modul,
Figur 2 einen erfindungsgemäßen Add-Drop-Continue-Modul,
Figur 3 eine Variante dieses Add-Drop-Continue-Moduls,
Figur 4 einen möglichen Filteraufbau,
Figur 5 das Übertragungsdiagramm des Bandsperrenfilters,
Figur 6 das Übertragungsdiagramm **des Bandsperrenfilters** bei Drop-and-Continue-Funktion,
Figur 7 eine **Add-Drop-Continue-Einrichtung mit einer Reihenschaltung mehrerer Add-Drop-Continue-Module,**
Figur 8 eine Variante zum gleichzeitigen Auskoppeln/Einkoppeln mehrerer WDM-Kanäle,

10
12

Figur 9 **xxxxxxxxx** einen herkömmlichen optischen Cross-Connect-**Moduls** (OXC) mit optischen n x n Raumschaltfeldern,
Figur 10 eine schematische Darstellung eines Cross-Connect-**Moduls xxxxxx** in WDM-Systemen,
Figur 11 **XXXX kaskadierte Cross-Connect-Module,**
Figur 12 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung **eines Cross-Connect-Moduls, xxxxxx**
Figur 13 eine weitere erfindungsgemäße Schaltungsanordnung **eines Cross-Connect-Moduls.**

Der in **Figur 1** dargestellte Add-Drop-Continue-Modul wurde bereits in der Beschreibungseinleitung erläutert. Auf den Splitter SP und den optischen Schalter SW kann verzichtet werden, wenn ein abstimmbares Filter verwendet wird, das eine Resonanzdämpfung aufweist, so daß ein bestimmter Anteil, beispielsweise die Hälfte der Energie eines optischen Signals, reflektiert wird und der restliche Anteil über den zweiten Zirkulator weiter gesendet wird.

In **Figur 2** ist ein solcher Add-Drop-Continue-Modul dargestellt. Dieser enthält einen ersten Zirkulator ZI1, ein abstimmbares Filter BSF und einen zweiten Zirkulator ZI2. Die Durchlaßfrequenz des Filters kann kontinuierlich geändert werden. Hierdurch kann der Modul für mehrere Wellenlängen eingesetzt werden.

Die Dämpfung des Filters kann durch gezielte Änderung der Temperatur geändert werden, so daß ein Signalbereich D_k von dem Filter reflektiert und abgezweigt wird und der andere Signalanteil C_k durchgeschaltet wird. Mit demselben Element kann also zwischen der Add-Drop-Funktion und der Drop-and-Continue-Funktion umgeschaltet werden, ohne daß optische Schalter erforderlich sind. Bei der Drop-and-Continue-Funktion (in Figur 2 dargestellt) wird natürlich kein Signal eingefügt.

In **Figur 3** ist eine Variante des Add-Drop-Continue-Moduls dargestellt, bei dem der zweite Zirkulator durch einen Koppler KO ersetzt wurde. Diese Variante ist zwar kostengünstiger, der Koppler weist jedoch eine höhere Dämpfung auf.

Soll nur die Drop-and-Continue-Funktion realisiert werden, kann in einem Drop-and-Continue-Modul natürlich auf den zweiten Zirkulator bzw. Koppler verzichtet werden.

In **Figur 4** ist eine mögliche Realisierungsform des Filters in Planartechnik dargestellt. Das Filter besteht aus einem lichtleitenden Material, in der Regel Quarzglas, und wird im wesentlichen gebildet aus einem ersten Bereich B1 mit einer temperaturabhängigen Brechzahl n_1 (t), (t - Temperatur), in dem der wesentliche Energieanteil des Lichts geführt wird, und einem zweiten Bereich B2 mit einer anderen temperaturabhängigen Brechzahl n_2 (t) Bereichen. In weiteren Bereichen, Substrat SUB und Superstrat SUP, werden nur unwesentliche Anteile des Lichts geführt. Diese sind daher an der Filterwirkung nur unwesentlich beteiligt. Die Grenzschicht zwischen den beiden Bereichen 1 und 2 besitzt eine Wellenstruktur der Periodenlänge λ, die durch geeignete Diffusion oder mechanische Bearbeitung (Grating) realisiert wurde. Diese geometrische Struktur besitzt bekannterweise ein wellenlängenselektives Transmissions- bzw. Reflexionsverhalten, welches in **Figur 5** dargestellt ist.

Die Resonanzwellenlänge λ_k wird im wesentlichen durch die Periodenlänge der Grenzschicht bestimmt; die Transmissionsdämpfung wird außer von der Gitterlänge und der Gitteramplitude im wesentlichen durch die Brechzahldifferenz $n_1 - n_2$ bestimmt.
Durch mechanischen Druck P kann die Resonanzwellenlänge λ_K verändert werden (strichliert in Figur 5 dargestellt). Wird beispielsweise ein Wellenlängen-Muiltiplexsignal

12
14

$\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_N$ (für die optischen Signale werden hier dieselben Bezeichnungen wie für die Wellenlängen verwendet) in das Filter eingespeist, so wird eine bestimmte Wellenlänge λ_K reflektiert, während alle anderen Wellenlängen mit sehr geringer Dämpfung weitergeleitet werden.

Durch ein Heizelement HE kann das Filter erwärmt werden, wodurch die Filterwirkung verringert und die Durchlaßdämpfung verkleinert wird. Durch das Einstellen eines Dämpfungswertes von ca. 3 dB, wie aus **Figur 6** ersichtlich, erfolgt die Realisierung einer Drop-and-Continue-Funktion.

Bei einer Neukonfiguration des Systems sollen andere optische Signale, die andere Wellenlängen aufweisen, abgezweigt werden. Dies ist mit dem vorstehend beschriebenen Filter möglich, ohne daß benachbarte optische Signale (bzw. benachbarte Multiplexkanäle) gestört werden. Durch Erwärmung wird zunächst die Filterwirkung aufgehoben, wodurch alle Signale durchgeführt werden. Dann erfolgt Abstimmung auf die neue Wellenlänge durch das Ausüben eines dieser Wellenlänge entsprechenden mechanischen Druckes und die anschließende Abkühlung zur Wiedererlangung der Filterfunktion, durch die jetzt ein anderes optisches Signal durchgeschaltet wird. Durch hier nicht dargestellte Regelschaltungen kann die Einstellung sehr genau erfolgen. Als Heiz- bzw. Kühlelement sind Peltier-Elemente verwendbar.

Diese Wellenlängenfilter sind aufgrund ihrer thermo-optischen Wirkungsweise noch relativ träge. Es können aber jetzt bereits Umschaltzeiten von 10 ms bis 500 ms erwartet werden, was meist bei den selten durchgeführten Neukonfigurationen zulässig ist.
Um mehrere optische Signale λ_K, λ_{K+1} abzweigen und einkoppeln zu können, werden mehrere dieser Module Z1, BSF1, Z2, Z3, BSF2, Z4 entsprechend **Figur 7** in Reihe geschaltet.

13
15

Die **Figur 8** zeigt einen Add-Drop-Continue-Modul ZI1, BSF1, BSF2, BSF3, ZI2, bei dem zwischen zwei Zirkulatoren mehrere Bandsperrenfilter BSF1, BSF2, . . BSFM eingeschaltet sind. Entsprechend der Anzahl der Filter werden mehrere optische Signale λ_1 bis λ_M gleichzeitig eingekoppelt bzw. ausgekoppelt. Durch einen Demultiplexer DMUX einen Multiplexer MUX können einzelne Signale abgezweigt oder eingekoppelt werden.

Zu ergänzen ist noch, daß das Bandsperrenfilter auch mit einer größeren Bandbreite realisiert werden kann. Statt einzelner Kanäle können dann Kanalgruppen von behachbarten Kanälen aus- und eingekoppelt werden.

Die **Figur 9** zeigt eine Lösung für einen herkömmlichen optischen Cross-Connector (OXC) mit optischen n x n Raumschaltfeldern. Hierbei sind Demultiplexer DMUX über optische Leitungen mit einem Raumschaltfeld der Dimension n x n verbunden und diese wiederum mit Multiplexern MUX. Ein einkommendes optisches Mehrwellenlängensignal wird durch den Demultiplexer DMUX in ein Einwellenlängensignal zerlegt. Diese Einwellenlängensignale werden anschließend unter Verwendung optischer Raumschaltfelder der Dimension n x n geschaltet. Die weitergeschalteten Einwellenlängensignale der verschiedenen Raumschaltfelder treffen danach auf den Multiplexer MUX und werden dort zu einem Ausgangssignal rekombiniert.

Bei einer Schaltungsanordnung von z. B. 64 Wellenlängen pro Mehrwellenlängensignal und 4 bidirektionalen Leitung werden 64 Raumschaltfelder der Dimension 4x4 benötigt.
Mit dieser Anordnung ist es möglich, jedes Einwellenlängensignal einer einkommenden Leitung in eine beliebige Ausgangsleitung zu schalten.

In **Figur 10** ist eine schematische Darstellung **eines Cross-Connect-Moduls mit** gebündelter Cross-Connect-Funktionalität in WDM-Systemen dargestellt. Hierbei kommen auf der Linie 1 Wellenlängen 1 bis n an. Die Wellenlängen 1 bis i und 1 bis m der Linie 1 und 2 werden miteinander verbunden, wobei m die maximale Anzahl der parallelen Wellenlängensignalen pro Faser des WDM-Systems beschreibt und i und 1 dynamisch änderbare Zahlen im Bereich $1 \leq i \leq 1 \leq m$ sind. Für Linie 3 und 4 gilt gleiches analog. Diese Verbindung ist mit dem durchgezogenen Strich gekennzeichnet. Mit der gestrichelten Linie ist die Verbindung der Linie 1 und Linie 3 bzw. Linie 2 und Linie 4 für die Wellenlängen i bis j und k bis 1 dargestellt, wobei i, j, k, 1 dynamisch änderbare Zahlen im Bereich $1 \leq i \leq j \leq j \leq k \leq 1 \leq m$ sind.

Mit der gepunkteten Linie sind die Verbindungen der Linie 1 und 4 bzw. 3 und 2 dargestellt, bei denen die Wellenlängenbündel j bis k zusammengeschaltet werden, wobei i, j, k, 1 dynamisch änderbare Zahlen im Bereich $1 \leq i \leq j \leq j \leq k \leq 1 \leq m$ sind.

Mit dieser Schaltungsanordnung ist es möglich, Wellenlängenbündel in WDM-Systemen mit einer Cross-Connect-Funktionalität zu verschalten.

In **Figur 11** sind in schematischer Darstellung kaskadierte **Cross-Connect-Module xxx** dargestellt. Durch die Hintereinanderschaltung von Schaltungen der Figur 10 können umfassendere Cross-Connect-Funktionalitäten in WDM-Systemen realisiert werden. In Figur 11 sind zwei solcher Schaltungen kaskadiert worden; es ist ebenfalls möglich, weitere Schaltungen zu kaskadieren bzw. in der Doppelsterntopologie, in der Sterntopologie oder im vermaschten Netz einzusetzen.

In **Figur 12** ist eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung **mit gebündelter** Cross-Connect-Funktionalität dargestellt. Es sind

vier Leitungen L1 bis L4 dargestellt, die miteinander verschaltet werden können. Desweiteren sind Zirkulatoren ZI1 bis ZI12 vorgesehen. Es handelt sich hier um Dreierzirkulatoren. Desweiteren sind erfindungsgemäße optische Filter als Bandsperrenfilter BS1 bis BS6 vorgesehen.

Die Funktionweise der Schaltung soll anhand der Aufteilung der auf L2 ankommenden Signale gemäß der in Figur 10 dargestellten Cross-Connect-Funktionalität erläutert werden.

Das auf L2 einlaufende Mehrlängenwellensignal wird über den optischen Zirkulator ZI1 komplett in Pfeilrichtung auf das nächste Tor weitergeleitet und gelangt auf das optische Bandsperrenfilter BS1. Dieses Filter reflektiert die auszukoppelnden Wellenlängenkanäle OCH i bis l, die übrigen Kanäle werden durchgelassen. Auf gleiche Weise werden die Wellenlängenkanäle i bis l aus der Linie 1, 3 und 4 ausgekoppelt.

Das auf L2 ausgekoppelte Mehrwellenlängensignal (i bis l) wird über den optischen Zirkulator ZI5 komplett in Pfeilrichtung auf das nächste Tor weitergeleitet und gelangt auf das optische Bandsperrenfilter BS3. Dieses Filter reflektiert die Wellenlängenkanäle OCH j bis k, die übrigen Kanäle werden durchgelassen. Das aus Linie 1 ausgekoppelte und an Zirkulator ZI6 weitergeleitete Mehrwellenlängensignal wird am gleichen optischen Bandsperrenfilter BS3 reflektiert. Die durchgelassenen Wellenlängenkanäle OCH i bis j und OCH k bis l werden dagegen am Bandsperrenfilter BS3 ausgetauscht. Nach dem gleichen Prinzip wird mit dem aus Linie 3 und Linie 4 ausgekoppelten Wellenlängenbündeln verfahren.

Das vom Zirkulator ZI5 kommende Mehrwellenlängensignal wird über den Zirkulator Z12 zur Linie L4 geführt. In ähnlicher Weise werden die von den Zirkulatoren ZI6, ZI7, ZI8 kommenden Mehrwellenlängensignale zur entsprechenden Linie geführt.

Die Bandsperrenfilter BS1 bis BS6 sind breitbandig ausgelegt, so daß sie mehrere Wellenlängenkanäle umfassen. Liegt einer der Filterflanken außerhalb des Wellenlängenspektrums, so kann damit eine Hochpaß- oder Tiefpaß-Funktion realisiert werden. Die Auswahl eines Wellenlängenbündels erlaubt der Einstellparameter f am Bandsperrenfilter, der mit den entsprechenden Indizes gekennzeichnet ist. Die "Neutralisierung" des Filters bevorzugt bei Umkonfigurationen kann mit der Durchgangsdämpfung d durchgeführt werden.

Durch den Einsatz der erfindungsgemäßen optischen Filter in dieser Schaltungsanordnung können variable komplette Wellenlängenbündel aus einem Mehrwellenlängensignal ausgekoppelt werden.

In Figur 13 ist eine Figur 12 ähnliche Schaltungsanordnung dargestellt, bei der die Dreierzirkulatoren durch Viererzirkulatoren ersetzt sind. Auf diese Weise ist es möglich, die eingesetzten 12 Zirkulatoren aus der Schaltungsanordnung gemäß **Figur 12** durch 8 Viererzirkulatoren zu ersetzen. Die Zirkulatoren können auch durch Machzehnderstrukturen ersetzt werden.

Auf diese Weise ist eine einfache Zuordnung von ausgewählten Mehrwellenlängenbündeln zu verschiedenen Mehrwellenlängenkanälen möglich. Die Komplexität des Systems reduziert sich im Vergleich zu Cross-Connect-Modulen des Standes der Technik gemäß **Figur 9** um so mehr, je größer die Anzahl der parallelen auszukoppelnden Wellenlängen pro Leitung ist. Bei einer Schaltungsanordnung von z. B. 64 Wellenlängen pro Mehrwellenlängensignal und 4 bidirektionalen Leitungen werden bei der Lösungsvariante mit Raumschaltfeldern und De-/Multiplexern 64 Raumschaltfelder der Dimension 4x4 benötigt, während bei der in Figuren 12 und 13 vorgeschlagenen Schaltungsanordnungen lediglich 6 Bandsperrenfilter eingesetzt werden müssen.

17
19

Patentansprüche

1. Optisches Filter zur Realisierung einer Drop- und Continue-Funktion, das ein wellenlängenselektiven Gitter mit temperaturabhängigen Reflexions- und Transmissionseigenschaften aufweist, und das eine Einrichtung (HE) zur Einstellung der Temperatur des Gitters aufweist, so daß von dem Gitter ein zum Abzweigen bestimmter Signalanteil reflektiert und ein anderer dieselbe Wellenlänge aufweisender Signalanteil durchgeschaltet wird.

2. Optisches Filter nach Anspruch 1 ,
dadurch gekennzeichnet,
daß es durch eine weitere Temperaturänderung seine Filterwirkung verliert.

3. Optisches Filter nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß in einem lichtdurchlässigen Material mindestens zwei Bereiche (B1, B2) wesentlich an der optischen Wellenführung und/oder der Filterwirkung beteiligt sind, die unterschiedliche temperaturabhängige Brechzahlen $n_1(t)$ und $n_2(t)$ aufweisen und
daß die Differenz der Brechzahlen $n_1(t)$ und $n_2(t)$ bei einer Temperatur innerhalb des temperaturmäßig steuerbaren Arbeitsbereiches zumindest annähernd Null ist.

4. Optisches Filter nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß es in Planartechnik ausgeführt ist.

5. Optisches Filter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß es als abstimmbares Bandsperrenfilter ausgeführt ist.

6. Optisches Filter nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,

18
20

daß seine Bandbreite auf die eines Übertagungskanals abgestimmt ist.

7. Optisches Filter nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß seine Bandbreite auf die Bandbreite mehrerer nebeneinandeliegender Übertagungskanäle festgelegt ist.

8. Optisches Filter nach Anspruch 5, 6 oder 7
dadurch gekennzeichnet,
daß die Abstimmung durch mechanischen Druck, Zug oder Biegung erfolgt.

9. Add-Drop-Continue-Modul mit einem optischen Filter (BSF) nach einem der Ansprüche 1 - 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß das abstimmbare optische Filter (BSF) zwischen einer Abzweigeeinrichtung (ZI1) für optische Signale und einer Einfügeeinrichtung (ZI2, K0) angeordnet ist.

10. Add-Drop-Continue-Modul nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere optische Filter (BSF1 bis BSFM) zwischen einer Abzweigeeinrichtung (ZI1) für optische Signale und einer Einfügeeinrichtung (ZI2, K0) angeordnet sind.

11. Add-Drop-Continue-Modul nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß als Abzweigeeinrichtung (ZI1) und/oder als Einfügeeinrichtung (ZI2) Zirkulatoren vorgesehen sind.

12. Add-Drop-Continue-Einrichtung,
dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere Add-Drop-Continue-Module nach Anspruch 9, 10 oder 11 in Reihe geschaltet sind.

19
21

13. Drop-and-Continue-Modul mit einem optischen Filter (BSF) nach Anspruch 5, 6, 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß das optische Filter (BSF) einer Abzweigeeinrichtung (ZI1) für optische Signale nachgeschaltet ist.

14. Cross-Connect-Modul mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen,
dadurch gekennzeichnet,
daß es mindestens ein optisches Filter nach einem der Ansprüche 1 bis 8 aufweist.

15. Cross-Connect-Modul mit mehreren Eingängen und mehreren Ausgängen,
dadurch gekennzeichnet,
daß es mindestens ein Add-Drop-Continue-Modul nach einem der Ansprüche 9 bis 12 aufweist.

16. Cross-Connect-Modul nach Anspruch 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Cross-Connect-Modul mindestens einen Viererzirkulator als Abzweigeinrichtung oder Einfügeeinrichtung aufweist.

17. Cross-Connect-Einrichtung,
dadurch gekennzeichnet,
daß es mehrere in Reihe geschaltete Cross-Connect-Module nach einem der Ansprüche 11 bis 17 aufweist.

18. Verfahren zur Abstimmung des nach einem der Ansprüche 1 bis 8 konzipierten Filters ohne Störung von durchgeführten Signalen,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Filter durch eine erste Temperaturänderung so eingestellt wird, daß es seine Filtereigenschaft verliert,
daß dann eine Abstimmung des Filters auf eine vorbestimmte neue Wellenlänge erfolgt und

20
~~22~~

daß anschließend das Filter durch eine weitere Temperaturänderung so eingestellt wird, daß es seine Filtereigenschaft bei der neu eingestellten Wellenlänge wieder erlangt.

19. Verwendung eines optischen Filters nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 8 zur Realisierung einer Schaltung mit Add-and-Drop-Funktionalität und/oder einer Schaltung mit Drop-and-Continue-Funktionalität und/oder einer Schaltung mit Multicast-Funktionalität und/oder einer Schaltung mit Dual-Homing-Funktionalität und/oder einer Schaltung mit Cross-Connect-Funktionalität.

JC02 Rec'd PCT/PTO 0 9 APR 2001
REPLACED BY
ART 34 AMDT

Description

Optical filter, adjustable add-drop-continue module and circuit arrangement for bundled cross-connect functionality

The invention relates to a tunable optical filter and to an add-drop module according to the preamble of claim 7 which is produced using this filter, to an add-drop device and to a circuit arrangement for bundled cross-connect functionality.

In order to ensure minimal interference during signal transmission, optical wavelength multiplex networks (WDM networks) are redundantly designed. Ring structures are often provided. At a junctions between different rings, "drop-and-continue" functions are implemented, i.e. the signal is split and is both forwarded through the original ring and transferred into the new ring. For purely optical production of a drop-and-continue function, it is possible to use wavelength demultiplexers, optical switches and wavelength multiplexers.

For the production of add-drop functions, modules from the company High Wave Technologies are known, which consist of two circulators with interposed tunable filters. In the event of tuning due to a configurational change, however, the retuning of one WDM channel generally interferes with the signals of other WDM channels. These modules are not intended for drop-and-continue functions. It is, however, conceivable to supplement this module with splitters and switches, in order to produce the drop-and-continue function.

Figure 1 represents such an "add-drop-continue module". It consists of a splitter SP, which

divides [redacted] optical signal into tw[redacted] signals of roughly equal strength. One component is fed via two circulators having a tunable filter connected in between. In order to produce the drop-and-continue function, one signal component D_k is branched off via the first circulator and the other signal component C_k is forwarded via an optical switch SW (the switch position which is represented).

In the case of an add-drop function, one signal component D_k is likewise branched off, but a new signal A_k having the same wavelength is simultaneously inserted via the second circulator ZI2. Owing to the use of the optical splitter, the module has in principle an attenuation of at least 3 dB. Depending on the number of add-drop functions, the aforementioned add-drop element is multiply connected in series, so that the attenuation is further increased significantly.

The cross-connect functionality in optical multi-wavelength multiplex systems (WDM) is needed so that a specific wavelength signal of an incoming multi-wavelength signal can be distributed in any desired direction.

"WDM Gridconnect - ein transparentes faseroptisches Kommunikationsnetz mit Faser- und Wellenlängenmultiplex" [WDM grid-connect - a transparent fiber-optic communications network having fiber and wavelength multiplex] by Hubert Anton Jäger, published by Hartung-Gorre-Verlag, Constance [Germany] 1998 describes a standard optical cross-connect (OXC). Such an optical cross-connect (OXC) having optical n x n space-switching subunits with n incoming bidirectional multi-wavelength signals, each having k wavelengths, is represented in Figure 9. In this case, the optical multi-wavelength signal is decomposed by means of optical wavelength demultiplexers DMUX into k single-frequency signals which are subsequently switched to any desired output of the space-switching subunit by using optical space-switching subunits of dimension n x n. The single-frequency signals coming together

from the outputs of the space-switching subunits are coupled and forwarded by means of a multiplexer MUX.

A disadvantage with this is the large outlay on equipment which is incurred when making these optical cross-connects (OXC). A circuit arrangement having, for example, 64 wavelengths per multi-wavelength signal and 4 bidirectional conductors needs 64 space-switching subunits of dimension 4 x 4. Furthermore, 64 fiber-optic connections to the corresponding space-switching subunits of dimension n x n have to be installed per multiplexer MUX and demultiplexer DMUX, respectively, plus the same number again from the space-switching subunits to the demultiplexers DMUX or multiplexers MUX on the other side.

It is an object of the invention to propose an add-drop-continue module having little attenuation, as well as a filter which is suitable for its production and has a variable transmission characteristic. This module is also intended to permit reconfiguration of channels without causing interference.

It is another object of the invention to propose a circuit arrangement having cross-connect functionality, which allows simple allocation of dynamically assembled multi-wavelength bundles to different conductors. It is another object of the invention to propose a circuit arrangement having cross-connect functionality, which permits reduced complexity of the system. In this case as well, reconfiguration of channels is intended to be made possible without causing interference.

The object is achieved by a filter specified in claim 1, an add-drop-continue module specified in claim 6 and a "cross-connect module" for producing bundled cross-connect functionality as claimed in the dependent claims. Variants of this module are furthermore specified.

Advantageous refinements are specified in the dependent claims.

The special advantage of the module, and of the circuit arrangement for producing bundled cross-connect functionality, is due to the filter whose frequency and attenuation can be varied. This not only makes it possible to select different channels: no optical switches are necessary for producing add-drop, drop-continue or cross-connect functions. Reconfiguration of the network can be carried out without interference to adjacent signals.

In particular, the invention is achieved by an optical filter, wherein a device (HE) is provided for adjusting the transmission response by means of a deliberate temperature change. The effect achieved by adjusting the transmission response through temperature changes is that the optical filter is non-destructively reconfigurable, which has never before been possible in the case of purely optical network elements except with expensive optical circuit technology (wavelength multiplexers, wavelength demultiplexers, space-switching matrices). In contrast to standard wavelength filters, the transmission attenuation can also be adjusted in addition to the resonant wavelength in the optical filter according to the invention.

In another preferred exemplary embodiment of the optical filter, at least two regions (B1, B2) in an optically transparent material, which have different temperature-dependent refractive indices n_1 (t) and n_2 (t), are essentially involved in the optical waveguiding and/or the filter action, and wherein the difference between the refractive indices n_1 (t) and n_2 (t) is at least approximately zero at one temperature within the temperature-controllable working range. The temperature-dependent difference in refractive index between two optical materials is hence influenced by the deliberate change of temperature. This exploitation of the

thermo-optical effect to influence the quality factor of the resonance is performed by adjusting the resonant wavelength λ_k and the transmission attenuation d for this wavelength. On the grounds of conservation of energy, the reflection factor is obtained directly from the transmission response in the ideal case. Energy components which are not transmitted must necessarily be reflected. The resonant wavelength λ_k is essentially influenced by the period Λ of the interfaces. The transmission attenuation is given essentially by (besides the grating length Z and the grating amplitude) the difference in refractive index $n_1 - n_2$.

The optical filter according to the invention is advantageously designed in planar technology. This facilitates integration into existing circuitry. The optical filter is furthermore preferably produced as a fiber grating. The difference in refractive index between two optical layers involved in the waveguiding is of essential importance in the case of fiber gratings as well. The principle employed here, namely to influence the transmission attenuation by a thermal refractive-index change, may therefore preferably be used in the case of such filters as well.

An optical filter is particularly preferably designed as a tunable band-stop filter. This facilitates the extraction of a frequency band. The latter is advantageous especially in purely optical telecommunications networks.

The tuning of the band-stop filter is particularly preferably carried out by mechanical pressure, tension or bending. By means of this, the wavelength to be filtered in the optical spectrum can be selected by exposing the band-stop filter to mechanical influence.

The invention is furthermore achieved by an add-drop-continue module having an optical filter according to the invention,

wherein a tunable optical filter (BSF) is arranged between a branching device (ZI1) for optical signals and an insertion device (ZI2, KO). By means of this, an add-drop-continue module can be constructed using an optical filter according to the invention. The signal is split in the branching device for optical signals, and one component is fed to the gate of the optical filter according to the invention. The component to be extracted is reflected and forwarded, whereas the component to be injected is inserted by the insertion device (ZI2, KO).

In another preferred add-drop-continue module of the present invention, a plurality of optical filters (BSF1 to BSFM) are arranged between a branching device (ZI1) for optical signals and an insertion device (ZI2, KO). By means of this, it is possible for a plurality of individually adjustable optical spectra to be extracted from the signal and, particularly preferably, to the injected or re-extracted via multiplexers and demultiplexers, respectively.

In another preferred add-drop-continue module of the present invention, circulators are provided as the branching devices (ZI1) and as the insertion device (ZI2). By means of this, the injection and extraction of the signals can be carried out using known hardware components. Triple circulators are preferably used for this. Quad circulators are particularly preferably used. It is also possible to use Mach-Zehnder structures.

The object of the present invention is particularly preferably achieved by an add-drop-continue device, wherein a plurality of series-connected add-drop modules of the present invention are provided. By means of this, it is possible to fulfill a very wide variety of circuit tasks within purely optical networks.

In another preferred drop-and-continue module having an optical filter according to the invention, the optical filter is connected downstream of a branching device for optical signals. By means of this, it is possible to produce the drop-and-continue functionality by using purely optical hardware components.

The invention is furthermore achieved by a cross-connect module which comprises at least one optical filter according to the invention. By means of this, it is possible to provide a cross-connect module in which the reconfiguration can take place non-destructively. The possibility of controlling the transmission response of the optical filter by deliberately changing the temperature allows the filter action of the optical filter to be suspended by the appropriate temperature selection. At this moment, the filter does not in any way interfere with adjacent channels since no reflection takes place. Tuning of the filter can now advantageously be carried out. When the optical spectrum is being changed, adjacent optical spectra are crossed without causing any effect on the signals that may likewise be transported in this circuit over these optical spectra. It is hence possible to select a new channel without thereby influencing, or even interfering with, the channels or the signal flow which need to be crossed in doing so. After the desired new spectrum or channel has been reached, the reconfiguration is completed by resetting the temperature in such a way that the filter action restarts. This is preferably done by returning the difference in refractive index $(n_1 - n_2)$ to a magnitude greater than zero by the temperature change.

A preferred cross-connect module of the present invention comprises at least one add-and-drop module. By means of this, it is possible to construct the cross-connect module from add-and-drop modules.

Another preferred cross-connect module of the present invention has at least one quad circulator and/or at least one Mach-Zehnder structure. By means of this, it is possible to reduce the number of circulators used.

A cross-connect device is preferably provided which contains a plurality of series-connected cross-connect modules of the present invention. By means of this, it is possible to cascade the circuit arrangements and hence interconnect even more lines.

In a preferred method of the present invention for the non-destructive tuning of a filter, the filter loses its filter characteristic as a result of a first temperature change, then the tuning of the filter is carried out, and then the filter regains its filter characteristic as a result of a second temperature change. This method permits non-destructive reconfiguration of purely optical network elements. The exploitation of the thermo-optical effect to influence the quality factor of the resonance of the filter makes it possible to adjust the filter, by a first temperature change, in such a way that it loses its filter characteristic. This is preferably done by adjusting the temperature-dependent refractive indices in such a way that the difference becomes zero. So long as the filter has been "switched off" in this way, the tuning of the filter can be carried out without influencing adjacent channels or channels which are crossed. Once the new channel has been reached, i.e. the filter has been tuned to the new optical spectrum, the filter is "switched on" again by a second temperature change. In doing so, the temperature is preferably changed in such a way that the refractive indices again have a predetermined difference. By means of this, a method for the non-destructive reconfiguration of purely optical

network elements, in particular of the filter according to the invention, is procured.

The optical filters of the present invention are particularly preferably used for the production of a circuit having add-and-drop functionality; and/or a circuit having drop-and-continue functionality; and/or a circuit having multicast functionality; and/or a circuit having dual-homing functionality; and/or a circuit having cross-connect functionality. Multicast is the deliberate linking of a plurality of selected receivers to one transmitter (also referred to as group call). Dual homing is the connection of one receiver via two different network elements and paths. By means of this, it is possible to provide purely optical network elements which have the functionalities referred to above and are at the same time non-destructively tunable or reconfigurable.

The invention and other advantageous features will be described in more detail with reference to exemplary embodiments.

Figure 1 shows an add-drop-continue module,

Figure 2 shows an add-drop-continue module according to the invention,

Figure 3 shows a variant of this add-drop-continue module,

Figure 4 shows a possible filter construction,

Figure 5 shows the transmission diagram of the band-stop filter,

Figure 6 shows the transmission diagram as a drop-and-continue filter,

Figure 7 shows a series circuit in which a plurality of add-drop-continue modules are connected together,

Figure 8 shows a variant for the simultaneous extraction/injection of a plurality of WDM channels

Figure 9 shows a solution for a standard optical cross-connect (OXC) having optical n x n space-switching subunits,

Figure 10 shows a schematic representation of bundled cross-connect functionality in WDM-systems,

Figure 11 shows a schematic representation of bundled cross-connect functionality in WDM-systems having a cascaded circuit arrangement,

Figure 12 shows a circuit arrangement according to the invention for bundled cross-connect functionality, and

Figure 13 shows another circuit arrangement according to the invention for bundled cross-connect functionality.

The add-drop-continue module represented in Figure 1 has already been explained in the introduction to the description. The splitter SP and the optical switch SW may be omitted if a tunable filter is being used which has resonant attenuation, so that a specific component of the energy of an optical signal, for example half said energy, is reflected and the remaining component is forwarded via the second circulator.

Figure 2 represents such an add-drop-continue module. It contains a first circulator ZI1, a tunable filter BSF and a second circulator ZI2. The transmission frequency of the filter can be continuously altered. The module can therefore be used for a plurality of wavelengths.

The attenuation of the filter can be changed by deliberately controlling the temperature, so that one signal range D_k is reflected by the filter and branched off, and the other signal component C_k is transmitted. It is hence possible to switch between the add-drop function and the drop-and-continue function using the same element, without optical switches being required. Of course, no signal is inserted in the drop-and-continue function (represented in Figure 2).

Figure 3 represents a variant of the add-drop-continue module, in which the second circulator has been replaced by a coupler KO. Although this variant is lees expensive, the coupler has greater attenuation.

If only the drop-and-continue function is to be produced, the second circulator or coupler may of course be omitted in a drop-and-continue module.

Figure 4 represents a possible embodiment of the filter in planar technology. The filter consists of an optically conductive material, generally quartz glass, and is essentially formed by a first region B1 having a temperature-dependent refractive index n_1 (t), (t - temperature), in which the essential energy component of the light is guided, and a second region B2 having a different temperature-dependent refractive index n_2 (t) regions. Only non-essential components of the light are guided in other regions, the substrate SUB and the superstrate SUP. They are hence only non-essentially involved in the filter action. The interface between the two regions 1 and 2 presents a wave structure of period λ, which has been produced by suitable diffusion or mechanical processing (grating). In the known fashion, this geometrical structure has a wavelength-selective transmission and reflection response, which is represented in Figure 5.

The resonant wavelength λ_k is essentially determined by the period of the interface; the transmission attenuation is determined essentially by, besides the grating length and the grating amplitude, the difference in refractive index $n_1 - n_2$.

The resonant wavelength λ_K can be altered by mechanical pressure P (represented by dashes in Figure 5). If, for example, a wavelength multiplex signal

λ_1, λ_2 ... λ_N (the same notation is used here for the optical signals as for the wavelengths) is fed into the filter, then one specific wavelength λ_K will be reflected whereas all the other wavelengths will be forwarded with very little attenuation.

A heating element HE can be used to heat the filter, so that the filter action is reduced and the transmission attenuation is decreased. A drop-and-continue function may be produced by setting an attenuation value of about 3 dB, as can be seen in Figure 6.

When the system is being reconfigured, the intention is for different optical signals, which have different wavelengths, to be branched off. By using the filter described above, this can be done without interfering with adjacent optical signals (or adjacent multiplex channels). The filter action is firstly removed by heating, so that all signals are forwarded. Tuning to the new wavelength is then carried out by exerting a mechanical pressure corresponding to this wavelength and subsequent cooling in order to restore the filter function, so that a different optical signal is now transmitted. Control circuits (not shown here) can be used to perform very accurate adjustment. Peltier elements may be used as heating and cooling elements.

Owing to their thermo-optical mechanism, these wavelength filters still have relatively high inertia. It is, however, already realistic to expect switchover times of from 10 ms to 500 ms, which is usually acceptable in the case of reconfigurations which are carried out infrequently.

In order for a plurality of optical signals λ_K, λ_{K+1} to be branched off and injected, a plurality of these modules Z1, BSF1, Z2, Z3, BSF2, Z4 are connected in series according to Figure 7.

Figure 8 shows an add-drop-continue module ZI1, BSF1, BSF2, BSF3, ZI2, in which a plurality of band-stop filters BSF1, BSF2, . . . BSFM are interposed between two circulators. According to the number of filters, a plurality of optical signals λ_1 to λ_M are simultaneously injected or extracted. Individual signals can be branched off or injected by using a demultiplexer DMUX a multiplexer MUX.

It should also be mentioned that the band-stop filter may also be produced with a larger bandwidth. Instead of individual channels, it is then possible to extract and inject channel groups comprising adjacent channels.

Figure 9 shows a solution for a standard optical cross-connect (OXC) having optical n x n space-switching subunits. In this case, demultiplexers DMUX are connected via optical conductors to a space-switching subunit of dimension n x n, which are in turn connected to multiplexers MUX. An incoming optical multi-wavelength signal is decomposed by the demultiplexer DMUX into a single-wavelength signal. These single-wavelength signals are subsequently switched by using optical space-switching subunits of dimension n x n. The forward-switched single-wavelength signals from the various space-switching subunits then reach the multiplexer MUX, where they are recombined to form an output signal.

In the case of a circuit arrangement having e.g. 64 wavelengths per multi-wavelength signal and 4 bidirectional conductor, 64 space-switching subunits of dimension 4 x 4 are needed.

By means of this arrangement, it is possible to switch each single-wavelength signal of an incoming conductor to any desired output conductor.

Figure 10 gives a schematic representation of bundled cross-connect functionality in WDM systems. In this case, wavelengths 1 to n arrive on line 1. The wavelengths 1 to i and l to m on lines 1 and 2 are connected together, m describing the maximum number of parallel wavelength signals per fiber in the WDM system and i and l being dynamically variable numbers in the range $1 \leq i \leq l \leq m$. Similar considerations apply for lines 3 and 4. This connection is indicated by the solid stroke. The dashed lines respectively represent the connection between line 1 and line 3, and between line 2 and line 4, for the wavelengths i to j and k to l, where i, j, k, l are dynamically variable numbers in the range $1 \leq i \leq j \leq j \leq k \leq l \leq m$.

The dotted lines represent the connections between lines 1 and 4, and between lines 3 and 2, in which the wavelength bundles j to k are switched together, where i, j, k, l are dynamically variable numbers in the range $1 \leq i \leq j \leq j \leq k \leq l \leq m$.

Using this circuit arrangement, it is possible to interconnect wavelength bundles in WDM systems with a cross-connect functionality.

Figure 11 gives a schematic representation of bundled cross-connect functionality in WDM systems having a cascaded circuit arrangement. By connecting circuits of Figure 10 in succession, it is possible to produce more comprehensive cross-connect functionalities in WDM systems. Two such circuits have been cascaded in Figure 11, but it is also possible to cascade other circuits and use them in double-star topology, star topology or in meshed networks.

Figure 12 represents a circuit arrangement according to the invention for bundled cross-connect functionality. Four

conductors L1 to L4 are represented, which can be interconnected together. Circulators ZI1 to ZI12 are furthermore provided. These are triple circulators. Optical filters according to the invention are furthermore provided as band-stop filters BS1 to BS6.

The way in which the circuit operates will be explained with reference to the division of the signals arriving on L2 according to the cross-connect functionality represented in Figure 10.

The incoming multi-wavelength signal on L2 is completely forwarded via the optical circulator ZI1, in the direction of the arrow, toward the next gate and encounters the optical band-stop filter BS1. This filter reflects the wavelength channels OCH i to l that are to be extracted, and the remaining channels are transmitted. In the same way, the wavelength channels i to l are extracted from the lines 1, 3 and 4.

The multi-wavelength signal (i to l) that is extracted on L2 is completely forwarded via the optical circulator ZI5, in the direction of the arrow, toward the next gate and encounters the optical band-stop filter BS3. This filter reflects the wavelength channels OCH j to k, and the remaining channels are transmitted. The multi-wavelength signal that is extracted from line 1 and forwarded to the circulator ZI6 is reflected from the same optical band-stop filter BS3. Conversely, the transmitted wavelength channels OCH i to j and OCH k to l are exchanged at the band-stop filter BS3. The same principle is used to process the wavelength bundles extracted from line 3 and line 4.

The multi-wavelength signal coming from the circulator ZI5 is fed via the circulátor ZI2 to the line L4. In a similar way, the multi-wavelength signals coming from the circulators ZI6, ZI7, ZI8 are fed to the appropriate line.

The band-stop filters BS1 to BS6 are of broadband design, so that they cover a plurality of wavelength channels. If one of the filter edges lies outside the wavelength spectrum, then this situation can be used to produce a high-pass or low-pass function. The selection of a wavelength bundle is made possible by the adjustment parameter f at the band-stop filter, which is labeled with the corresponding indices. The "neutralization" of the filter may preferably be performed during reconfigurations by means of the transmission attenuation d.

By using the optical filter according to the invention in this circuit arrangement, it is possible to extract variable complete wavelength bundles from a multi-wavelength signal.

Figure 13 represents a circuit arrangement similar to the one in Figure 12, but in which the triple circulators have been replaced by quad circulators. By means of this, it is possible to replace the 12 circulators which were used in the circuit arrangement according to Figure 12 by 8 quad circulators. The circulators may also be replaced by Mach-Zehnder structures.

By means of this, simple allocation of selected multi-wavelength bundles to different multi-wavelength channels is possible. The complexity of the system is reduced, in comparison with cross-connect modules of the prior art according to Figure 9, to a commensurately greater extent when the number of parallel wavelengths that are to be extracted per conductor is high. In the case of a circuit arrangement having e.g. 64 wavelengths per multi-wavelength signal and 4 bidirectional conductors, the solution variant having space-switching subunits and de-/multiplexers requires 64 space-switching subunits of dimension 4 x 4, whereas only 6 band-stop filters need to be used in the circuit arrangements proposed in Figures 12 and 13.

Patent claims:

1. An optical filter, characterized in that a device (HE) is provided for adjusting the transmission response by means of a deliberate temperature change.

2. The optical filter as claimed in claim 1, characterized in that at least two regions (B1, B2) in an optically transparent material, which have different temperature-dependent refractive indices n_1 (t) and n_2 (t), are essentially involved in the optical waveguiding and/or the filter action, and in that the difference between the refractive indices n_1 (t) and n_2 (t) is at least approximately zero at one temperature within the temperature-controllable working range.

3. The optical filter as claimed in claim 2, characterized in that it is designed in planar technology.

4. The optical filter as claimed in one of the preceding claims, characterized in that it is designed as a tunable band-stop filter.

5. The optical filter as claimed in claim 4, characterized in that the bandwidth is tuned to that of a transmission channel.

6. The optical filter as claimed in claim 4, characterized in that the bandwidth is tuned to the bandwidth of a plurality of adjacent transmission channels.

7. The optical filter as claimed in claim 4, 5 or 6, characterized in that the tuning is carried out by mechanical pressure, tension or bending.

8. An add-drop-continue module having an optical filter (BSF) as claimed in one of claims 4 to 7, characterized in that the tunable optical filter (BSF) is arranged between a branching device (ZI1) for optical signals and an insertion device (ZI2, K0).

9. The add-drop-continue module as claimed in claim 8, characterized in that a plurality of optical filters (BSF1 to BSFM) are arranged between a branching device (ZI1) for optical signals and an insertion device (ZI2, K0).

10. The add-drop-continue module as claimed in claim 8 or 9, characterized in that circulators are provided as the branching device (ZI1) and as the insertion device (ZI2).

11. An add-drop-continue device, characterized in that a plurality of series-connected add-drop modules as claimed in claim 6, 7 or 8 are provided.

12. A drop-and-continue module having an optical filter (BSF) as claimed in claim 4, 5, 6 or 7, characterized in that the optical filter (BSF) is connected downstream of a branching device (ZI1) for optical signals.

13. A cross-connect module, characterized in that the cross-connect module comprises at least one optical filter as claimed in one of the preceding claims.

14. A cross-connect module, characterized in that the cross-connect module comprises at least one add-and-drop module as claimed in one of the preceding claims.

15. The cross-connect module as claimed in claim 13 or 14, characterized in that the cross-connect module comprises at least one quad circulator and/or at least one Mach-Zehnder structure.

16. A cross-connect device, characterized in that a plurality of series-connected cross-connect modules as claimed in one of the preceding claims that concern a cross-connect module are provided.

17. A method for the non-destructive tuning of a filter as claimed in one of the preceding claims, characterized in that the filter loses its filter characteristic as a result of a first temperature change, then the tuning of the filter is carried out, and then the filter regains its filter characteristic as a result of a second temperature change.

18. Use of an optical filter as claimed in one of the preceding claims that relate to a filter, for the production of

a circuit having add-and-drop functionality; and/or

a circuit having drop-and-continue functionality; and/or

a circuit having multicast functionality; and/or

a circuit having dual-homing functionality; and/or

a circuit having cross-connect functionality.

Abstract

Optical filter, adjustable add-drop-continue module and circuit arrangement for bundled cross-connect functionality

The transmission response of an optical filter (BSF) is varied by changing its temperature. Tuning of the filter can be carried out by mechanical pressure or tension. This filter can be used to produce add-drop-continue modules (ZI1, BSF, ZI2) which are suitable both for add-drop operation and for drop-continue operation. Cross-connect modules can furthermore be constructed from these optical filters.

Figure 2

FIG 1

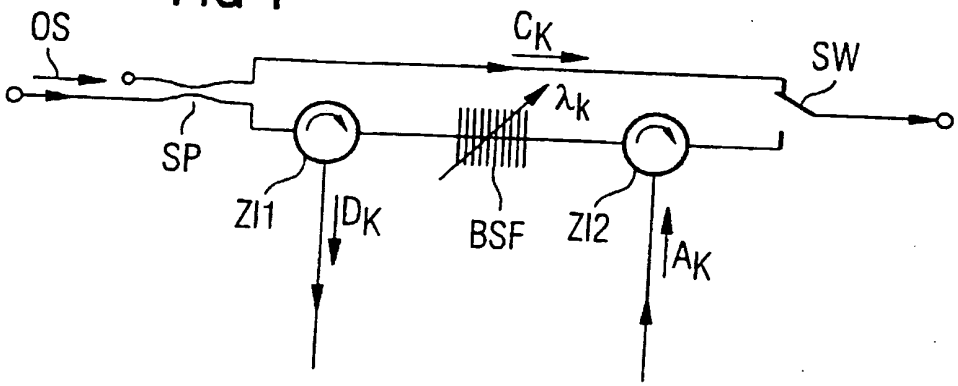


FIG 2

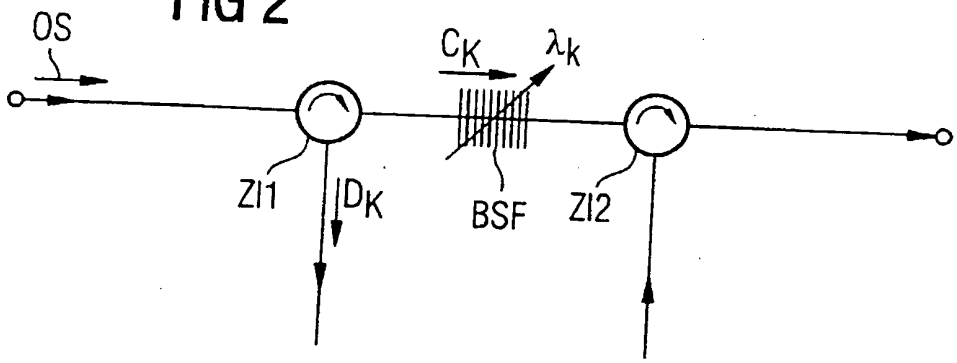


FIG 3

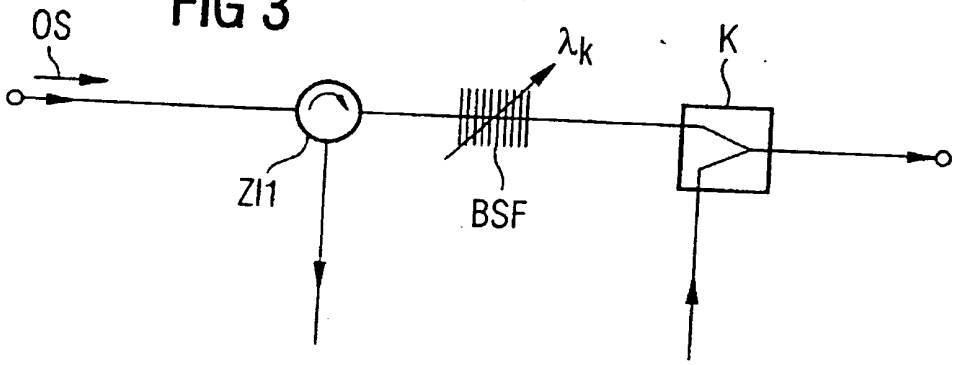


FIG 4

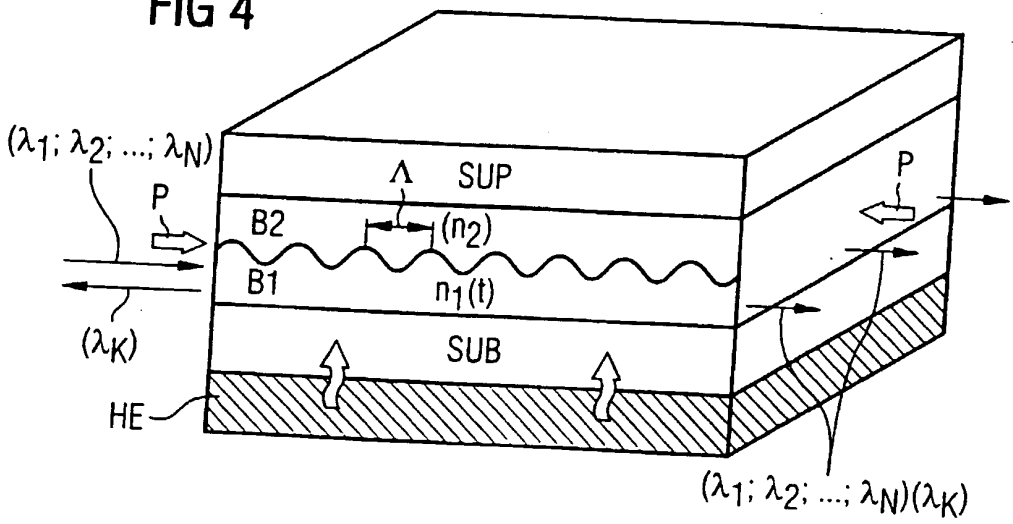


FIG 5

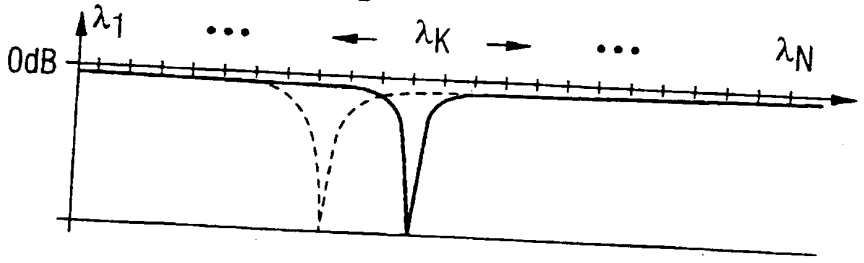


FIG 6

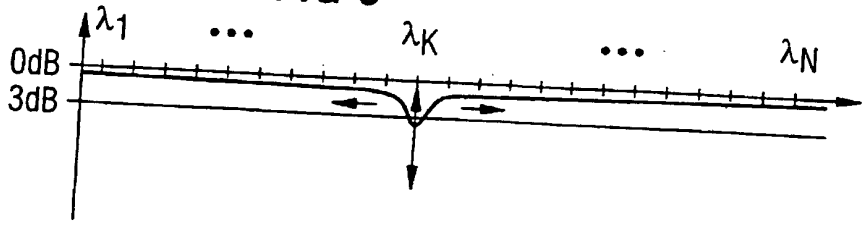


FIG 7

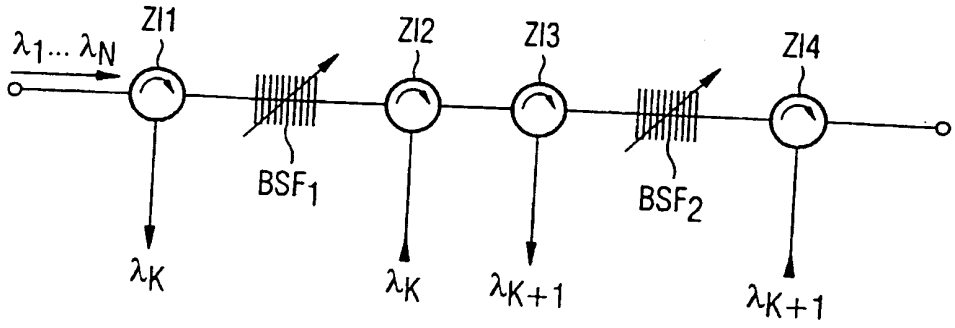

λ1... λN
ZI1
ZI2
ZI3
ZI4
BSF1
BSF2
λK
λK
λK+1
λK+1

FIG 8

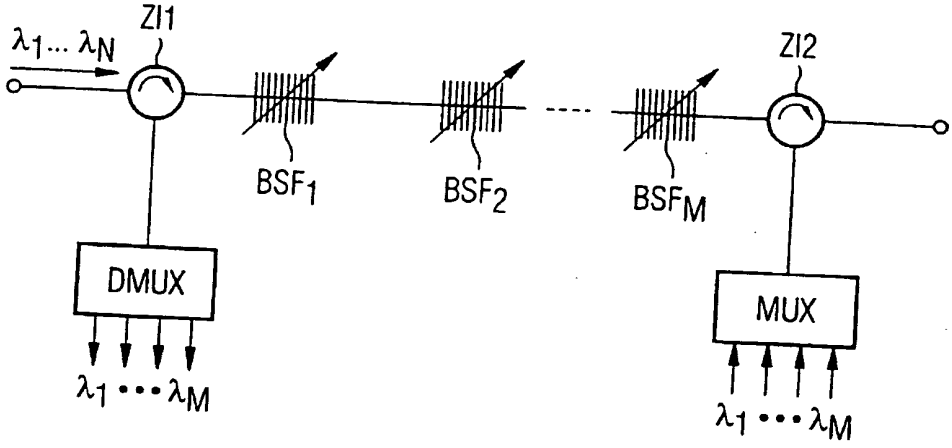

λ1... λN
ZI1
ZI2
BSF1
BSF2
BSFM
DMUX
MUX
λ1 ••• λM
λ1 ••• λM

FIG 9

Prior Art

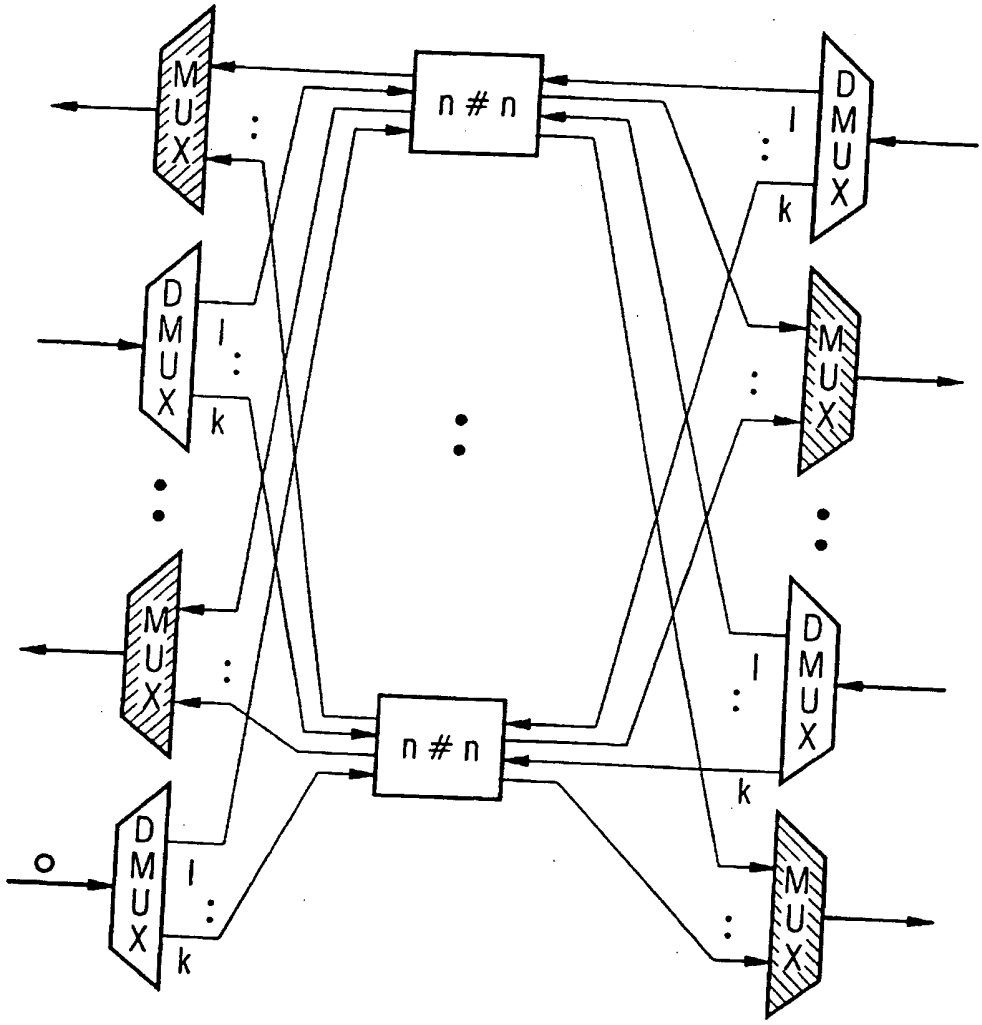


FIG 10

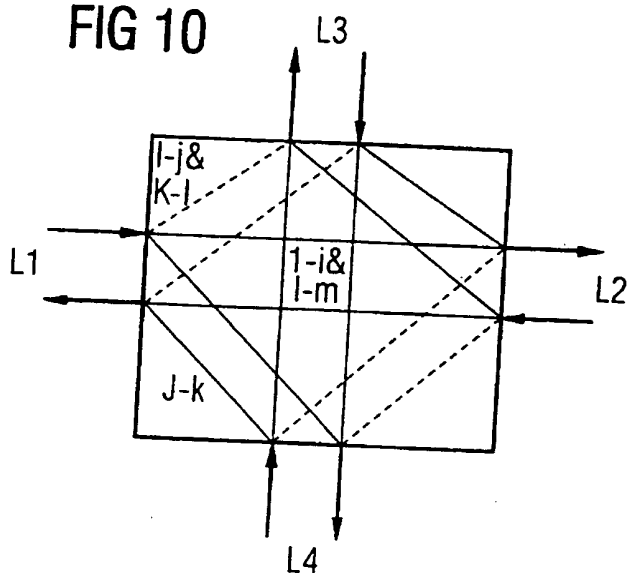

L3
l-j&
K-l
L1
1-i&
l-m
L2
J-k
L4

FIG 11

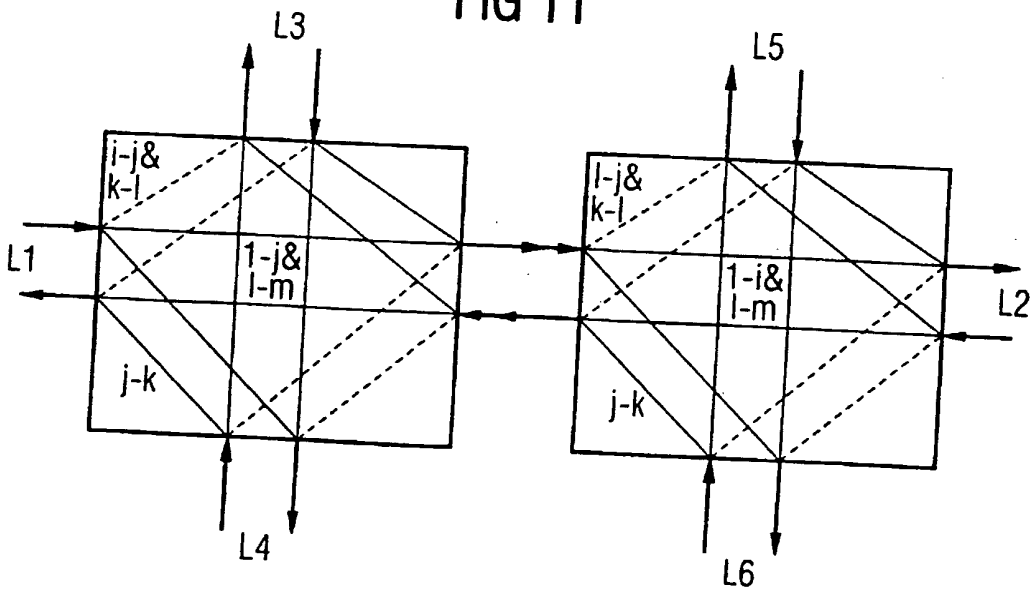

L3
L5
i-j&
k-l
l-j&
k-l
L1
1-j&
l-m
1-i&
l-m
L2
j-k
j-k
L4
L6

FIG 12

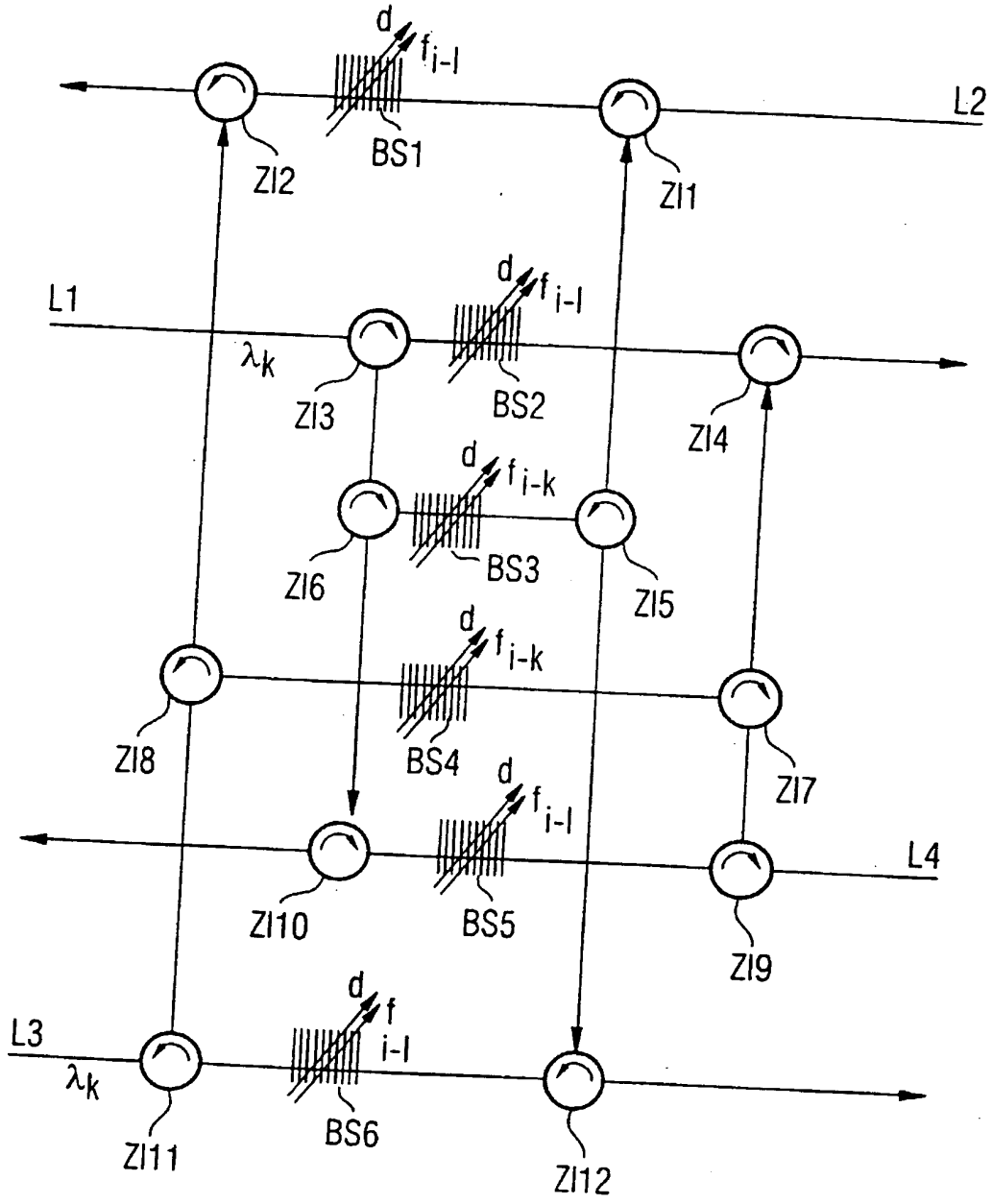
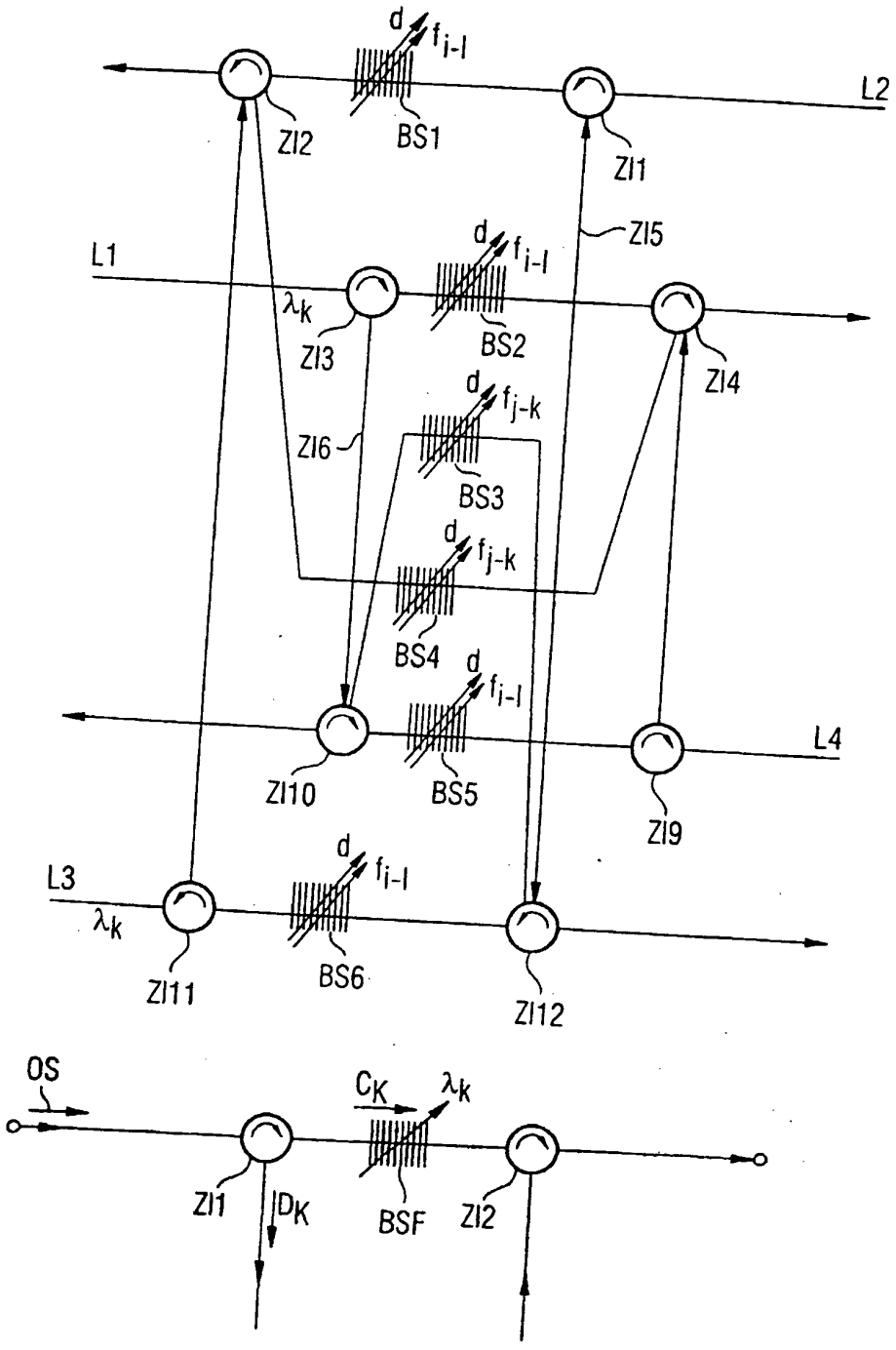

d
f_{i-l}
L2
BS1
ZI2
ZI1
L1
λ_k
ZI3
BS2
ZI4
f_{i-k}
ZI6
BS3
ZI5
BS4
ZI8
ZI7
BS5
L4
ZI10
ZI9
f
i-l
L3
λ_k
BS6
ZI11
ZI12

FIG 13


d
f_{i-l}
L2
ZI2
BS1
ZI1
ZI5
L1
λ_k
ZI3
BS2
ZI4
f_{j-k}
ZI6
BS3
BS4
L4
ZI10
BS5
ZI9
L3
ZI11
BS6
ZI12
OS
C_K
λ_k
ZI1
D_K
BSF
ZI2